

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE FILOSOFÍA

Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia



**ENFOQUE SEMÁNTICO DE LAS TEORÍAS
ESTRUCTURALISMO Y ESPACIO DE ESTADOS:
COINCIDENCIAS Y DIVERGENCIAS**

**MEMORIA PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTOR POR**

Germán Guerrero Pino

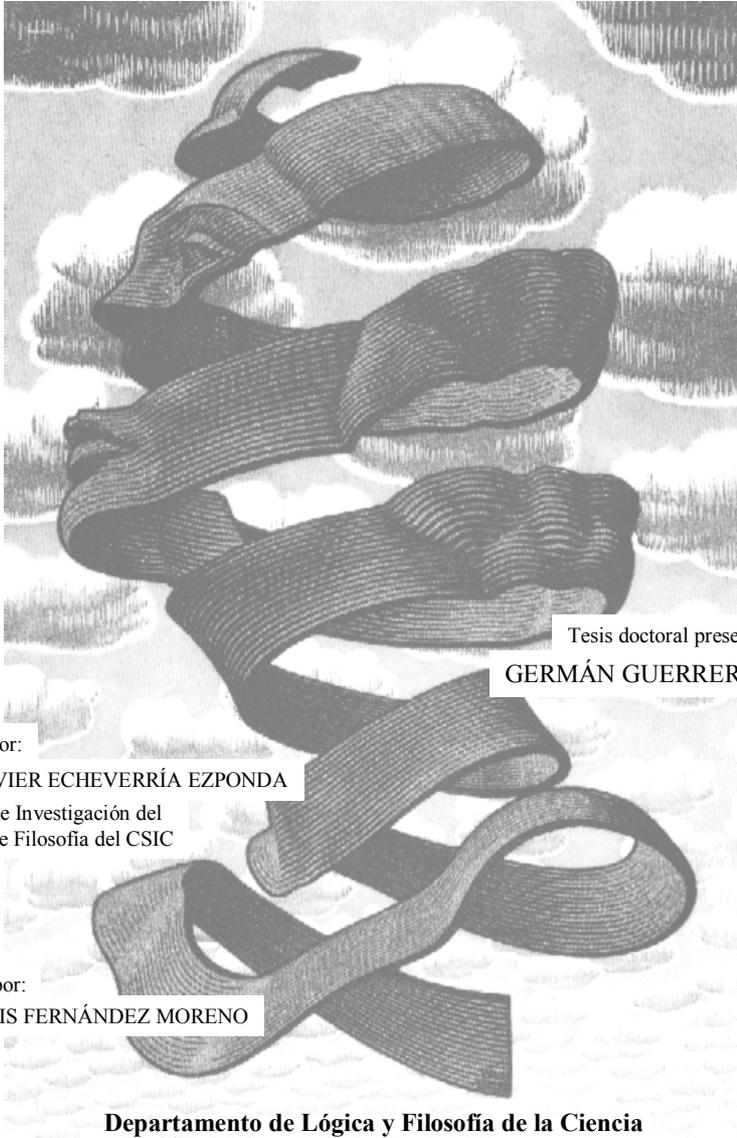
Bajo la dirección del Doctor:

Javier Echeverría Ezponda

Madrid, 2003

ISBN: 84-669-1880-9

**ENFOQUE SEMÁNTICO DE LAS TEORÍAS
ESTRUCTURALISMO Y ESPACIO DE ESTADOS:
COINCIDENCIAS Y DIVERGENCIAS**



Tesis doctoral presentada por:
GERMÁN GUERRERO PINO

Dirigida por:

Dr. D. JAVIER ECHEVERRÍA EZPONDA
Profesor de Investigación del
Instituto de Filosofía del CSIC

Tutelada por:

Dr. D. LUIS FERNÁNDEZ MORENO

**Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia
Facultad de Filosofía
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
2003**

**ENFOQUE SEMÁNTICO DE LAS TEORÍAS
ESTRUCTURALISMO Y ESPACIO DE ESTADOS:
COINCIDENCIAS Y DIVERGENCIAS**

Tesis doctoral presentada por:
Germán Guerrero Pino

Dirigida por:
Dr. D. Javier Echeverría Ezponda
Profesor de Investigación del Instituto de Filosofía del CSIC

Tutelada por:
Dr. D. Luis Fernández Moreno

Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia

Facultad de Filosofía

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

2003

A

Fifa, Violeta y Fausto;
Quienes me han acompañado y ayudado
en esta agradable y dura travesía

**THE SEMANTIC APPROACH OF THEORIES
STRUCTURALISM AND STATE-SPACE:
COINCIDENCES AND DIVERGENCES**
Germán Guerrero Pino
Abstract

Key words: models, phenomena, empiricism.

This work makes a comparative study between The Structuralist View of Theories and van Fraassen's one (State-Space view) focused on what it's called the simple structure of theories. The subjects of comparison are: identity elements of a theory, characterization of theoretic and data models, the empirical claim form, the observable/unobservable and non-theoretical/theoretical pairs, the epistemic neutrality of both conceptions and some considerations about the foundation of scientific theories.

There are two principal contributions; One of content, and one of method. The first one proposes and supports, from a semantic perspective, that the key elements of the individualization of theories are theoretical models, data models, and empirical claims, making important exceptions in each one of them. The latter introduces as a methodological criteria the distinction between structural considerations from epistemological ones, attempting to set these elements. This criteria suggests, in principle, that these elements should only have structural commitments, trying to keep an epistemic neutrality in the theories structure study; nevertheless, this criteria is abandoned in the case of the description of model data in terms of observable phenomena.

It is also concluded that both views are epistemologically neutral in the realism/antirealism debate, but aren't epistemologically neutral when characterizing data models. This is so because the structuralist view makes this characterization through the non-theoretical/theoretical distinction, while van Fraassen does it through the observable/unobservable one. That is, these are two different alternatives with respect to the same epistemic question. This leads to conclude that structuralism leads to a coherentism in the foundation of theories, while van Fraassen's view defends a post-foundationalist empiricism.

**ENFOQUE SEMÁNTICO DE LAS TEORÍAS
ESTRUCTURALISMO Y ESPACIO DE ESTADOS:
COINCIDENCIAS Y DIVERGENCIAS**

Germán Guerrero Pino

RESUMEN

Palabras Clave: Modelos, fenómenos, empirismo.

La tesis hace un estudio comparativo entre la concepción estructuralista de las teorías y la concepción de van Fraassen (concepción espacio de estados) centrándose en lo que podemos llamar la estructura simple de las teorías. Los puntos objeto de comparación son: los elementos de identidad de una teoría, caracterización de los modelos teóricos y los modelos de datos, la forma de la aserción empírica, los pares observable/inobservable y no-teórico/teórico, la neutralidad epistémica de las dos concepciones y algunas consideraciones sobre la fundamentación de las teorías científicas.

Dos son los principales aportes, uno de contenido y otro de método. El de contenido consiste en proponer y sustentar que desde una perspectiva semántica los elementos determinantes en la individuación de una teoría son los modelos teóricos, los modelos de datos y las aserciones empíricas, pero con importantes salvedades en cada uno de ellos. El de método radica en introducir como criterio metodológico distinguir las consideraciones estructurales de las consideraciones epistemológicas con el propósito de precisar los elementos determinantes. El criterio aconseja, en principio, que dichos elementos contengan únicamente compromisos estructurales, con la idea de mantener una neutralidad epistémica en el estudio de la estructura de las teorías, pero al final violamos el criterio al optar por la descripción de los modelos de datos en términos de fenómenos observables.

Concluimos que ambas concepciones son epistémicamente neutrales en el debate realismo/antirrealismo pero que no lo son en cuanto a la forma de caracterizar los modelos de datos ya que el estructuralismo lo hace en función de la distinción no-teóricos/teóricos y van Fraassen de observables/inobservables, es decir, son dos alternativas distintas respecto a una misma cuestión epistémica. Esto nos lleva a concluir que el estructuralismo desemboca en un coherentismo en la fundamentación de las teorías mientras que van Fraassen defiende un empirismo posfundamentista.

CONTENIDO

Reconocimientos	11
Introducción. Análisis de las teorías	13
<i>Capítulo 1. Enfoque sintáctico–axiomático de las teorías</i>	35
1.1. Distinción general entre sintaxis y semántica	35
1.2. Caracterización del enfoque	39
1.3. Cálculo de probabilidades y concepto de probabilidad	47
1.4. Las geometrías pura y física	54
<i>Capítulo 2. Fallas en el enfoque sintáctico-axiomático</i>	69
2.1. Introducción	69
2.2. La dicotomía observacional/teórico es insostenible	71
2.3. Las reglas de correspondencia no cumplen su función	73
2.4. Las teorías no son sistemas axiomáticos	74
2.5. La metamatemática es un formalismo inapropiado	76
2.6. Las relaciones sintácticas son limitadas	77
2.7. Las teorías no son entidades lingüísticas	79

Capítulo 3. Enfoque semántico: Elementos de individuación de una teoría	83
3.1. Introducción	83
3.2. Orígenes del enfoque semántico	85
3.3. Concepción de van Fraassen: Modelos teóricos y aseercciones empíricas	93
3.4. Estructuralismo: Núcleo teórico y aplicaciones intencionales	112
3.5. Condiciones de unicidad y universalidad de van Fraassen	130
Capítulo 4. Noción de modelo y formas de describirlos	137
4.1. Introducción	137
4.2. Modelos en ciencia	141
4.3. Definición de un predicado conjuntista	147
4.4. Espacios de estados	156
4.5. Noción de modelo y equivalencia entre los enfoques sintáctico y semántico	163
Capítulo 5. Modelos de datos: observables y términos no-teóricos	177
5.1. Introducción	177
5.2. Los fenómenos observables	178
5.3. Las aplicaciones intencionales	186
5.4. Neutralidad epistemológica	200
5.5. Fundamentalismo y coherentismo	207

	<i>Contenido</i>
Consideraciones finales	243
Bibliografía	249

RECONOCIMIENTOS

No recuerdo cuándo exactamente me surgió la idea de hacer un estudio comparativo entre las concepciones estructuralista y espacio de estados, pero lo que sí tengo muy presente es el ambiente en que germinó: en el seminario de doctorado de Javier Echeverría y en las conversaciones y discusiones que sosteníamos una vez finalizaba cada sesión del seminario. Este ambiente me incitó a profundizar más en los planteamientos estructuralistas, que hasta entonces sólo conocía de manera superficial, y me lanzó por primera vez a un estudio sistemático de los escritos de van Fraassen y de otras figuras importantes en el desarrollo del enfoque semántico de las teorías.

Mi gratitud para con Javier Echeverría también es por todo lo que ha significado dar de sí como persona y profesional al dirigirme esta tesis. De todo lo que me ha aportado, quisiera mencionar especialmente el estímulo permanente que me ha brindado y, lo más importante, el respeto mostrado por lo que digo y escribo promoviendo en mí cierta originalidad filosófica, sin dejar de ser él un gran crítico y un excelente productor de ideas.

Debo agradecer a Andrés Rivadulla por sus estimulantes reflexiones y su cuidadosa lectura de algunos escritos previos a la tesis, y también a Ana Rioja quien me dio la oportunidad de presentar y discutir mis

primeros resultados de la investigación en su seminario de doctorado sobre problemas filosóficos de la mecánica cuántica. También tengo una deuda con Gonzalo Munévar, de quien he aprendido a tener mayor sensibilidad por los problemas filosóficos y la manera de tratarlos.

Con Carlos Ulises Moulines y Bas C. van Fraassen, cuyos escritos han sido una gran fuente de inspiración y ayuda, mi compromiso es diferente e indirecto, puesto que con ellos he mantenido un diálogo constante pero a través de sus escritos, lo que en alguna medida ha contribuido a delinear lo que podríamos llamar mi temperamento filosófico.

Finalmente he contraído una importante deuda con todo lo que significa la Universidad del Valle como institución al concederme la comisión de estudios de doctorado, pues sin este apoyo no hubiera sido posible llevar a cabo este proyecto.

Reconozco que la mejor manera de recompensar a estas personas por la ayuda que me han dispensado es la de que este escrito contenga por lo menos una nueva y original idea soportada en argumentos firmes. Espero no defraudarlos en esta mínima y dura exigencia.

INTRODUCCION ANALISIS DE LAS TEORIAS

La presente investigación se inscribe dentro del campo de la filosofía de la ciencia que tiene como objeto de estudio las teorías científicas y el tema que aborda tiene que ver con la naturaleza, estructura y contenido de las teorías empíricas. Estas tres cuestiones están estrechamente relacionadas, pero se pueden perfectamente diferenciar. Así, por ejemplo, podríamos decir que la última cuestión es más compleja y, por tanto, de mayor interés filosófico puesto que responder a cuál es el contenido empírico de una teoría presupone una respuesta a cuáles son los principales elementos de su estructura, que a su vez presupone tener claridad sobre su naturaleza, responder a la pregunta qué es una teoría empírica o, de manera más precisa, qué tipo de cosa es. En otras palabras, la cuestión por el contenido envuelve más elementos que las otras dos puesto que tiene que ver directamente con la relación entre teoría y mundo, con qué nos dice una teoría sobre cómo es el mundo, en tanto que las otras apuntan principalmente a las teorías en sí mismas.

Aún siendo esto así, y con el objeto de delimitar aún más el tema presente de indagación, cabe adelantar que aquí enfocaremos y profundizaremos principalmente en los dos primeros temas y que si bien también abordaremos el tercero, no lo haremos en toda su

complejidad sino que básicamente delinearemos en qué consiste dicha relación de acuerdo con la concepción estructuralista y la concepción espacio de estados, el punto de vista de van Fraassen acerca de la estructura de las teorías. En otras palabras, podríamos decir que en el dominio del contenido de las teorías el tema por excelencia es el debate realismo-antirrealismo, el cual se ha convertido en las últimas dos décadas en uno de los focos de atención de la reflexión filosófica de la ciencia, renovándose así este viejo problema filosófico con nuevas herramientas metodológicas y conceptuales. Precisamente una de estas nuevas herramientas es el enfoque semántico de las teorías, pero lo importante a aclarar aquí es que este debate no será objeto de análisis, aunque desde luego tendremos que decir algo al respecto a la hora de tratar la relación teoría-mundo o, en otras palabras, la interpretación física de las teorías.

Avanzando un paso más en la configuración del tema de investigación, considero que el título de la presente investigación recoge bastante bien las dos principales cuestiones generales que serán discutidas: una, aquellos aspectos en los que podríamos decir están de acuerdo el estructuralismo y la concepción de van Fraassen en lo que tiene que ver con (estrictamente) la estructura de las teorías científicas y, dos, aquellos en los que discrepan en cuanto tienen que ver o están estrechamente relacionados con la estructura de las teorías.

Pero es claro que el desarrollo de la investigación no consiste simplemente en dar respuesta a dichas cuestiones sino que va más allá al ponerlas en un contexto más amplio. Este contexto más amplio está compuesto por un estudio detallado de las principales tesis defendidas por el enfoque sintáctico-axiomático de las teorías, que es la concepción de las teorías que pretende remplazar el enfoque semántico, y las principales peculiaridades del enfoque semántico, del cual el estructuralismo y la concepción espacio de estados son sus versiones más importantes.

Por el momento cabe decir que el contraste más importante entre los enfoques sintáctico y semántico radica en que el primero construye las teorías como sistemas axiomáticos parcialmente interpretados, y por tanto como entidades lingüísticas, en tanto que para el segundo las teorías científicas no son entidades lingüísticas sino que más bien son entidades conjuntistas.

Ahora bien, dados a la tarea de realizar este tipo de estudio comparativo entre estas dos versiones del enfoque semántico, la estructuralista y la de van Fraassen, no hay que perder de vista el territorio en el que dicho paralelo cobra interés, ya que es posible que en principio no sea factible establecer paralelo alguno fuera de los límites marcados por este territorio. Así pues, para lo que aquí nos ocupa, el territorio en cuestión es *el problema de la identidad de las teorías* o, más precisamente, la naturaleza y estructura de las teorías *en sus aspectos esenciales* o *la estructura simple* de las teorías, por

emplear la expresión más apropiada que N. C. A. da Costa introduce para marcar la diferencia entre distintos niveles posibles de conceptualización de las teorías¹. Además, hay que tener claro que este asunto no agota al estructuralismo como programa filosófico ni a la filosofía de van Fraassen, aunque sea clave para ambos.

Podríamos decir que el tema de la estructura de las teorías científicas es más dominante o recurrente en el programa estructuralista ya que es el eje central alrededor del cual gira el resto de temas, los cuales desde luego tienen que ver directa o indirectamente con la estructura, simple y compleja, de las teorías; entre sus temas de estudio cobran importancia: uno, asuntos relacionados con la estructura fina de las teorías tales como la determinación de diferentes tipos de relaciones intrateóricas e interteóricas, su formulación precisa en términos conjuntistas y la dinámica o evolución de las teorías; dos, la reconstrucción axiomática-conjuntista de teorías empíricas particulares; y tres, las conexiones de las teorías con la experiencia. Es decir, con las palabras del mismo C. U. Moulines, el estructuralismo «es esencialmente una teoría acerca de las teorías científicas –acerca de su identidad, estructura, relaciones mutuas y evolución»² o, a manera de complemento, el estructuralismo aborda cuestiones que «no sólo abarcan las teorías en *sensu stricto* sino también los diferentes tipos de relaciones entre las teorías, sus conexiones con los datos empíricos, los métodos empleados en la comprobación de estas y los aspectos pragmáticos presentes en el

¹ da Costa [1997], p. 184.

empleo de las teorías por parte de la comunidad científica, su evolución en el tiempo histórico y las cuestiones relacionadas con lo anterior»³.

Por otra parte, respecto a lo que tiene que ver con estrictamente la concepción de van Fraassen de la estructura de las teorías hay que decir que sus reflexiones enfocan los aspectos esenciales de las teorías -la estructura simple- lo cual desde luego no es poco, pero podríamos decir que su análisis no tiene el grado de complejidad del de la concepción estructuralista. Esto se deja ver muy bien en *The Scientific Image* (1980), que siendo uno de los escritos donde van Fraassen trata de manera sistemática y amplia la estructura de las teorías, igualmente manifiesta que está particularmente interesado en la relación teoría-mundo, en concreto, en el problema del realismo.

Para ilustrar lo anterior con las propias palabras de van Fraassen, comencemos por puntualizar que defiende una división temática en la filosofía de la ciencia la cual concuerda relativamente con la que inicialmente establecimos entre estructura y contenido, pues dice: «los estudios en filosofía de la ciencia se dividen, a grandes rasgos, en dos clases. La primera, que podría ser llamada fundacional, se refiere al contenido y la estructura de las teorías. La otra clase de estudio trata de las relaciones de una teoría con el mundo, por un lado, y con el usuario de la teoría, por el otro»⁴. Digo “relativamente” en la

² Moulines [1996], p. 2.

³ Moulines [2002], p. 2.

⁴ van Fraassen [1980], p. 3.

medida en que yo establezco cierta equivalencia entre el estudio del contenido de las teorías y el de la relación teoría-mundo; pero en últimas creo que la diferencia radica simplemente en que se hacen diferentes énfasis con la palabra “contenido”: mientras yo apunto a “contenido empírico”, van Fraassen apunta a “contenido teórico”.

En segundo lugar, unas páginas más adelante, prácticamente al finalizar la presentación de su punto de vista sobre la estructura de las teorías, van Fraassen plantea: «en este libro estoy principalmente interesado en la relación entre las teorías físicas y el mundo, antes que en ese otro importante tema, la estructura de la teoría física»⁵, lo cual considero es una constante en todo su trabajo filosófico. De modo que en este punto hay que comenzar por reconocer que «el estructuralismo emplea un marco conceptual altamente diferenciado que le permite una representación extremadamente fina y graneada de la estructura (tanto sincrónica como diacrónica) de la ciencia, y que a la fecha no tiene precedente alguno en otro enfoque semejante»⁶.

En síntesis, mientras el estructuralismo ha tratado el análisis de la estructura de las teorías científicas en toda su complejidad, van Fraassen lo ha hecho en lo esencial; por tanto, “lo esencial sobre el análisis de las teorías” es el dominio común a ambas propuestas y será, en consecuencia, nuestro ámbito de estudio.

⁵ van Fraassen [1980], p. 67.

⁶ Moulines [2002], p.3.

Si bien hay que reconocer lo anterior, también es cierto que van Fraassen ha hecho de su propia versión del enfoque semántico de las teorías (la concepción espacio de estados) un punto clave en el análisis que realiza de otros problemas filosóficos, de modo que sus temas de investigación son más variados que los del estructuralismo, pues por ejemplo tienen que ver con: distintas cuestiones en torno al realismo científico, haciendo de la polémica realismo-empirismo su campo de estudio más fecundo; la explicación en la ciencia, que junto con el anterior son de por sí temas generales de la filosofía de la ciencia; y ciertas cuestiones filosóficas ya clásicas y más particulares de determinadas teorías físicas: los problemas filosóficos del espacio-tiempo, la causalidad, las modalidades en la física, la probabilidad, determinados problemas filosóficos sobre la mecánica cuántica como su interpretación y su lógica.

Una vez delimitado el dominio en que se van a establecer las semejanzas y diferencias entre las dos concepciones, y con la idea de ganar mayor precisión en dicha delimitación, cabe hacer aquí la siguiente clarificación terminológica en relación con los distintos rótulos que refieren ya sea a una concepción sobre la estructura de las teorías o a un programa filosófico.

Para comenzar, al enfoque sintáctico-axiomático de las teorías también se le llama *concepción heredada* (*receiv view*), expresión introducida por H. Putnam⁷, o *concepción enunciativa* (*statement*

⁷ Véase Putnam [1962].

view) de acuerdo con W. Stegmüller⁸; pero he preferido emplear enfoque o concepción sintáctico-axiomática, introducida y empleada sobretudo por van Fraassen, porque considero que proporciona mayor información al poner de relieve los dos aspectos más característicos de dicha perspectiva (su interés en la axiomatización y el depender de una sintaxis) y además destaca el punto de contraste con el enfoque alternativo, el semántico. En tanto que la primera alternativa, *concepción heredada*, pone el énfasis en un aspecto contingente, histórico. Creo que el calificativo propuesto por Stegmüller también goza de ciertas ventajas, pero me parece menos sugerente. Como la expresión sintáctico-axiomática es muy larga, de aquí en adelante emplearé sólo “sintáctica” o “sintáctico” según diga “concepción” o “enfoque”.

Por otra parte, ciertos autores emplean la expresión concepción heredada para hablar ya no de la concepción específica del positivismo lógico sobre las teorías sino del programa filosófico en general; pero aquí sólo hay que insistir en que esto es una extrapolación que en ocasiones lleva a confusiones ya que la expresión fue introducida por H. Putnam para aplicarla al análisis de las teorías. Por tanto, mantendremos en lo sucesivo este último sentido.

En tercer lugar, al enfoque semántico también se le llama concepción o enfoque modeloteórico, pero una argumentación en línea con la

⁸ Véase Stegmüller [1979].

anterior justifica mi preferencia por el primer rótulo. En cuanto a la expresión “concepción espacio de estados” hay que tener presente que el mismo van Fraassen es quien particularmente llama de esta manera a su propia versión⁹, ya que su propuesta hace uso de los espacios de fase de la física, los cuales a su vez son una aplicación de los espacio de Hilbert en matemáticas. Ahora bien, en algunas ocasiones también van Fraassen cae en la tentación de hacer el tipo de extrapolación mencionado anteriormente, pues habla del enfoque semántico de la ciencia, con la idea de involucrar mucho más que el estudio de la estructura de las teorías¹⁰. Finalmente, en general este tipo de confusiones no se presentan con el estructuralismo. En síntesis, lo que se quiere dejar claro es que todas estas expresiones se emplearán para hablar estrictamente del punto de vista sobre la estructura de las teorías.

El objetivo del presente estudio puede presentarse de diversas maneras y una de estas se enunció en términos de establecer un paralelo entre las concepciones mencionadas, pero este también puede presentarse en términos menos descriptivos y más positivos expresando las tesis básicas que se van a defender.

Para lograr precisar esto último, comienzo por resaltar que en el proceso de caracterizar de un modo bastante razonable el enfoque semántico de las teorías científicas -razonable en el sentido de determinar y describir sus elementos principales- me ayudó bastante

⁹ Véase principalmente van Fraassen [1972], p. 311, y van Fraassen [1980], p. 92.

tanto indagar por las coincidencias entre el estructuralismo y la concepción espacio de estados como la estrategia metodológica de distinguir en el análisis de las teorías entre consideraciones puramente estructurales y consideraciones que llevan a algún tipo de compromiso epistemológico. Estos compromisos epistemológicos se evidencian especialmente en ciertas caracterizaciones específicas de los modelos de datos y en cierto tipo de relaciones particulares entre un modelo de datos y un conjunto de modelos teóricos¹¹. Esta última idea puede englobarse bajo las siguientes preguntas: ¿el estructuralismo y la concepción de van Fraassen son neutrales, en sentido epistemológico? y, si no es así, ¿bajo qué condiciones podemos decir que estas dos concepciones son neutrales en sentido epistemológico?

Siendo esto así, podemos ver entonces que el asunto del acuerdo de las dos concepciones en cuanto a la estructura de las teorías científicas equivale, para los efectos presentes, a la determinación de los principales elementos que permiten identificar una teoría o, en otras palabras, equivale a presentar una propuesta de solución a lo que se considera el problema de la individuación de las teorías. De modo que, en síntesis, podríamos decir que el problema fundamental radica, dentro del enfoque semántico, en determinar los elementos clave en la

¹⁰ Véase van Fraassen [1989], pp. 185-194.

¹¹ Aquí, como en lo sucesivo, no empleé las expresiones que utilizan los estructuralistas ni, estrictamente, van Fraassen, sino que más bien hago uso de expresiones que me parecen más neutrales y que por tanto permiten resaltar mejor las semejanzas y diferencias. Una justificación más completa de estos giros se

individuación de las teorías y, además, que la respuesta al mismo se da en los siguientes términos: estos elementos de individuación son, *grosso modo*, aquellos elementos que ambas propuestas comparten.

Por tanto, la tesis que defiende en este punto es que dentro del enfoque semántico de las teorías los elementos determinantes en la individuación de una teoría son la clase propuesta de modelos teóricos, los modelos de datos y las aserciones empíricas. Pero con las siguientes importantes salvedades.

- (1) Un modelo teórico es básicamente una estructura, de modo que la noción de modelo teórico no equivale a la noción semántica, entendida en sentido estricto, como debe ser.
- (2) Los modelos de datos corresponden a una modelización de la experiencia, a una descripción estructural de la misma, pero un análisis estructural de las teorías no se compromete con una forma específica de caracterizar los modelos de datos; es decir, se deja abierta la cuestión de si los modelos de datos hay que caracterizarlos en función de o bien observables o bien términos T-no-teóricos o bien otros términos.
- (3) Algo semejante a lo anterior se defiende respecto a la aserción empírica: la forma general de una aserción empírica consiste en que relaciona un modelo de datos con un conjunto

presenta en el *Capítulo 3* en el momento de introducir por primera vez cada una de

de modelos teóricos, pero un análisis estructural de las teorías no se compromete con una forma particular de dicha relación, ya sea de identidad o subsunción u otra.

Todas estas condiciones básicamente plantean que la caracterización propuesta de las teorías científicas es neutral epistemológicamente; es decir, que los tres elementos mencionados quedan caracterizados únicamente en términos estructurales, sin contener compromiso epistemológico alguno.

Precisamente esta es la tesis que se presenta y relativamente se sustenta en los cuatro primeros numerales del *Capítulo 3. Enfoque semántico: Elementos de individuación de una teoría*, ya que parte de la tarea de los dos capítulos restantes consiste en darle más cuerpo y mejor forma a esta tesis principal.

Aún más, esta tesis se sustenta en parte en otras tesis más particulares que tienen que ver ya sea con una nueva coincidencia o una divergencia entre las concepciones en cuestión, las cuales enuncio directamente, sin mayores comentarios.

- (1) La condición de unicidad de van Fraassen, la cual plantea que todos los fenómenos observables deben subsumirse en un mismo modelo teórico, puede reconstruirse en términos del esquema estructuralista.

las expresiones.

Esta idea se desarrolla en 3.5. *Condiciones de unicidad y universalidad de van Fraassen.*

- (2) Si bien existe una diferencia importante en cuanto a la forma de presentar los modelos teóricos de una teoría, ya que el estructuralismo lo hace a través de una definición mediante un predicado conjuntista y van Fraassen describiéndolos mediante espacios de estados, lo cierto es que esta no se considera de importancia porque en últimas son formas distintas de describir las mismas estructuras.

Los numerales 4.2. y 4.3. del *Capítulo 4. Noción de modelo y formas de describirlos* se ocupan precisamente de este problema, en tanto que el numeral 4.5. *Noción de modelo y equivalencia entre los enfoques sintáctico y semántico* se dedica a sustentar la idea que se enuncia a continuación.

- (3) Existe una pequeña e importante discrepancia en la noción de modelo teórico entre las dos concepciones, la cual puede superarse después de algunas precisiones. La discrepancia radica en que mientras el estructuralismo *da a entender* que un modelo teórico equivale a un modelo en sentido semántico, van Fraassen plantea y sustenta que tal equivalencia no se da, sino que más bien la principal propiedad de un modelo teórico es la de ser una estructura. Considero que esto es así si nos atenemos a la letra, más que al espíritu, de los planteamientos estructuralista, ya que en

últimas creo que las dos concepciones están de acuerdo en este punto.

- (4) Por una parte admito que, a grandes rasgos, tanto el estructuralismo como la concepción de van Fraassen de las teorías son epistemológicamente neutrales respecto al debate realismo-antirrealismo, tal y como este es formulado por van Fraassen; pero por otra parte planteo que hay un sentido en que no son neutrales epistemológicamente. Esto último lo digo porque considero que la distinción de van Fraassen observable/inobservable y la del estructuralismo T-no-teórico/T-teórico son distinciones que caracterizan de una forma u otra los modelos de datos (la experiencia fenoménica) y por tanto, en últimas, arriesgan una propuesta sobre determinado aspecto de la evaluación de las teorías empíricas, cuestiones estas que considero pueden calificarse correctamente de epistemológicas.

Estas ideas se presentan y defienden en los numerales 5.2., 5.3. y 5.4. del *Capítulo 5. Modelos de datos: observables y términos no-teóricos*, en tanto que el numeral 5.5. *Fundamentismo y coherentismo* presenta y desarrolla la tesis que sigue.

- (5) La tesis anterior tiene implicaciones en *el problema de la evaluación de las teorías o fundamentación de las teorías*. En este punto planteo que la noción estructuralista de aplicación intencional conlleva a una concepción

coherentista de la evaluación de las teorías o a un coherentismo respecto a la fundamentación de las teorías, en contraposición con el empirismo posfundamentista que defiende van Fraassen.

Como es natural, las ideas y propuestas anteriores no son completamente originales sino que son resultado del diálogo permanente que he sostenido especialmente durante estos últimos años con distintos filósofos de la ciencia a través sobretodo de sus escritos, aunque con algunos de ellos de manera personal. De modo que el presente trabajo también puede entenderse como una *sistematización y algo más* del tema principal abordado. Es una sistematización puesto que filósofos como J. Echeverría, F. Suppe, J. Mosterín, A. R. Pérez Ransanz, W. Diederich, J. A. Díez, , A. Ibarra, T. Mormann y J. L. Falguera han tratado directamente una o más de las distintas cuestiones aquí estudiadas aunque en grados diversos y, en algunos casos, con diferentes resultados. Así que el trabajo de estos filósofos ha sido un referente clave y obligado. Sin embargo entiendo que hasta el momento no se ha realizado un trabajo de sistematización como el que aquí se hace, y precisamente esta investigación quiere -entre otras cosas- llenar este vacío, lo cual ya de por sí es un paso adelante respecto al estado de la cuestión.

Aún más, este estudio también es “algo más” debido a que si bien en algunos casos se recoge y sustenta una tesis defendida por uno de estos filósofos de la ciencia, también es cierto que en otros se

presentan sus ideas para confrontarlas ya sea con la de otros filósofos o con mi apreciación personal. En resumen, el presente trabajo más que una síntesis o recopilación de los distintos trabajos puntuales sobre el paralelo entre la concepción estructuralista y la de van Fraassen acerca de la estructura y contenido de las teorías científicas, es una sistematización del tema que cuenta con distintos aspectos novedosos.

¿Qué decir entonces sobre lo que se hace en los capítulos 1 y 2, y su relación con lo anterior? Como anuncié en un comienzo, el enfoque sintáctico-axiomático es parte importante del contexto del tema de estudio y básicamente lo que pretendo con estos dos capítulos es presentar tanto una reconstrucción de los aspectos clave del enfoque como una sistematización de las dificultades que enfrenta. Pero aún así, hay que reconocer que, en cierta forma, este contexto no está directamente vinculado con las tesis que se van a defender; de modo que surge la inquietud, supongo, de por qué una extensión tan grande para el desarrollo de este contexto. Creo que hay varias razones para ello: unas directamente relacionadas con el tema y otras más personales.

Por una parte, hay que tener presente que el enfoque sintáctico-axiomático constituye la forma más elaborada de la concepción general de las teorías que podríamos decir: tuvo sus orígenes en el desarrollo del mismo pensamiento griego, más en concreto en el libro *Elementos* (300 a.c.) de Euclides; se consolidó al mismo tiempo que

lo hacía la ciencia moderna en manos principalmente de Newton, más concretamente en su libro *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* (1687); y dominó además tanto la actividad científica como la reflexión filosófica hasta mediados del siglo XX. De modo que esta concepción en su forma general aún sigue considerándose como una respuesta viable a qué es una teoría científica, y de hecho podríamos decir que es la concepción dominante tanto en la ciencia como en la filosofía de la ciencia. Pero además, dado que este es el enfoque que sustituye el enfoque semántico, un estudio relativamente detallado del primero permite comprender ciertos aspectos del segundo.

Por otra parte, hay que reconocer que normalmente es difícil desligar una indagación filosófica de un itinerario personal. En este sentido, el presente escrito evidencia de algún modo un recorrido personal en el intento por reconstruir la concepción del positivismo lógico de las teorías, que es un momento determinante de la filosofía de la ciencia y, más concretamente, del tema de la estructura de las teorías.

Aún más, considero que el presentar este recorrido personal obedece a una forma muy particular mía de apreciar el trabajo filosófico. En línea con la actividad científica, considero que la filosofía no obedece a preocupaciones individuales y formas de ver particulares, sino que aquellos problemas y soluciones que tienen interés filosófico se dan dentro del marco de determinadas comunidades filosóficas y científicas. Muestra de esta idea es precisamente el asumir el presente tema de investigación que goza de una gran tradición dentro de la

filosofía de la ciencia. Pero por otra parte, me parece igualmente que la labor filosófica tiene algo de “aventura personal” en el sentido en que, contrario a lo dominante en la actividad científica, la formulación de sus problemas y la expresión de sus soluciones normalmente no son únicas y claramente establecidas sino que por el contrario son objeto de diversas interpretaciones y esto porque las cuestiones que interesan apuntan a lo básico, a lo fundamental, que realmente es muy escurridizo.

Así pues, la tesis que se quiere presentar y sustentar en el *Capítulo 1. Enfoque sintáctico-axiomático de las teorías* es que, a grandes rasgos, este enfoque asume el análisis de la estructura de la geometría como paradigma de las teorías físicas y, en general, de las teorías empíricas; y que los siguientes tres presupuestos fueron determinantes para intentar llevar a feliz término este programa: (1) las teorías empíricas son teorías matemáticas más una interpretación; (2) el lenguaje científico está compuesto de dos partes: una parte observacional y otra teórica; (3) no es problemático dar razón de por qué los términos observacionales son significativos, mientras que sí lo es en el caso de los teóricos. Y, en síntesis, estas tres ideas quedan perfectamente integradas en la caracterización estándar de este enfoque: las teorías científicas se conciben como *cálculos formales* o *sistemas formales* axiomáticos parcialmente interpretados mediante reglas de correspondencia que relacionan términos teóricos con términos observacionales.

El numeral *1.3 Cálculo de probabilidades y concepto de probabilidad* busca ilustrar lo que es un cálculo formal y, sobretodo, lo que es su interpretación, a través del análisis detallado del concepto de probabilidad. He elegido presentar este tema aquí porque, además de que se adecua bastante bien al asunto tratado, es un tema que me interesa en sus dos dimensiones: en cuanto cálculo formal y en cuanto base para una mejor comprensión de la noción de probabilidad.

El siguiente numeral, *1.4 Las geometrías pura y física*, recurre nuevamente al análisis de un caso concreto para sustentar aún más la tesis propuesta e ilustrar los tres elementos mencionados en la caracterización de las teorías por parte del enfoque sintáctico. Es de anotar que tanto este caso como el anterior se adecuan relativamente bien a la descripción que hace el enfoque sintáctico de las teorías, de modo que estos casos no se presentan como objeciones al enfoque. Las críticas aparecen en *Capítulo 2. Fallas en el enfoque sintáctico-axiomático*. En este capítulo se sintetizan las objeciones más determinantes y comunes hechas a este enfoque; para ello se comienza por enunciar la crítica y a continuación se justifica la misma.

Finalmente me gustaría terminar mencionando algunas consideraciones secundarias sobre la importancia de este trabajo, con la pretensión de ubicar este tema dentro del contexto más amplio de las preocupaciones generales de la filosofía de la ciencia, a sabiendas que no hay un acuerdo entre los que trabajan en este campo respecto a

las características y límites del dominio de competencia de la misma, pero con el convencimiento de la importancia de intentar valorar una empresa como la que se propone.

Por una parte, sin pretender desconocer la complejidad propia de la actividad científica, es un hecho que los resultados de esta actividad quedan concretados ante todo en las diferentes teorías propuestas y que además otorgamos mayor importancia a este tipo de resultados que a otras etapas y características de la misma. Por tanto, la importancia dada a las teorías no sólo puede leerse en un sentido epistemológico, como la de adquirir un mejor conocimiento de la naturaleza, sino también en un sentido pragmático: los científicos se preocupan más por proponer y usar teorías efectivas que por otros elementos involucrados en la búsqueda de sus objetivos científicos. Así que tener un mejor conocimiento de aquellos aspectos de las teorías con mayor relevancia filosófica puede ayudar a una mejor comprensión de la dinámica científica.

Por otra parte, es claro que las teorías científicas nos proporcionan un conocimiento importante de la naturaleza y que tanto la actividad científica como la humana en general generan otros tipos de conocimiento, pero aún así hay que reconocer que una mejor comprensión de lo que se encuentra en juego en el conocimiento científico arroja luz sobre ciertas cuestiones importantes presentes en los otros tipos de conocimiento. En otras palabras, si bien el conocimiento científico no es la única forma de aproximarnos al

conocimiento de la naturaleza, también es cierto que este tipo de conocimiento es uno de los más efectivos para este propósito. Por tanto, el análisis de las teorías puede contribuir igualmente a una mejor comprensión de ciertos temas de la epistemología general, sin querer defender que la filosofía de la ciencia agote el campo de la epistemología.

En este punto en concreto menciono, sin grandes pretensiones pero sí como una propuesta de estudio, que el enfoque semántico –en su formulación general- contiene en sí misma una propuesta epistémica o teoría representacional del conocimiento que considero constituye una alternativa a la propuesta representacional tradicional dominada por una filosofía del lenguaje en donde ante todo el lenguaje funciona como copia del mundo, en tanto que aquella pone más el acento en el carácter estructural del conocimiento -en el conocimiento de estructuras, pasando el lenguaje a un segundo plano.

Por último, subrayo que una preocupación pedagógica de este escrito es la de contribuir a divulgar esta nueva propuesta (la semántica) sobre la naturaleza, estructura y contenido de las teorías puesto que no está suficientemente asimilada por muchos filósofos y hombres de ciencia, y porque también es fácil darse cuenta de que la concepción sintáctico-axiomática recoge en buena forma la idea dominante sobre las teorías en un ámbito que va mucho más allá de los círculos especializados y profesionales relacionados con la ciencia. De modo que estoy convencido de que el enfoque semántico de las teorías no

sólo ofrece una alternativa a la concepción heredada sino que también es la mejor respuesta con que contamos actualmente a la pregunta: ¿qué es una teoría científica?

CAPITULO 1

ENFOQUE SINTACTICO–AXIOMATICO DE LAS TEORIAS

1.1. Distinción general entre sintaxis y semántica

Hay que tener muy presente que las expresiones “sintáctico” y “semántico” que se emplean para calificar los enfoques respectivos provienen directamente de la lógica y filosofía del lenguaje, de modo que estas expresiones se extrapolan al campo de la filosofía de la ciencia con un sentido que del todo no es idéntico al primero, sino más bien podríamos decir que esto se hace con la pretensión de establecer un paralelo muy general, aunque importante, entre ciertos aspectos del lenguaje y otros de las teorías científicas. Así pues, y para comenzar, es necesario puntualizar, para luego desarrollar, que la distinción entre sintaxis y semántica tiene que ver directamente con propiedades asociadas al lenguaje¹², y que desde luego estas propiedades están relacionadas con los enunciados y los modelos respectivamente (con los modelos en un sentido muy preciso). A

¹² Sintaxis y semántica también pueden entenderse como dos sectores de la metamatemática -Véase Beth [1961], p. 89 y Tarski [1940], p. 173- de una forma que no difiere significativamente de la presentada aquí para el caso del estudio del lenguaje. Esto pone de manifiesto la analogía que puede establecerse entre la gramática de un lenguaje natural y la metamatemática o, lo que es lo mismo, entre una teoría del lenguaje y una teoría de la matemática. Pero no profundizaremos en esto por el momento porque sería necesario introducir nuevas nociones y análisis complementarios.

partir especialmente de los trabajos de Charles Morris sobre semiótica (la teoría general de los signos) en *Foundations of the theory of Signs* (1938), que marcaron de manera importante la concepción del lenguaje de Carnap¹³, se suele distinguir tres niveles en los análisis del lenguaje: sintáctico, semántico y el pragmático. Al pasar de un nivel al otro, en el orden dado, la manera como se asume el lenguaje es más compleja, como podremos observar a continuación.

Si partimos de considerar un lenguaje como un conjunto de expresiones, como es usual en estos estudios, las propiedades sintácticas de una expresión sólo tienen que ver con sus relaciones con otras expresiones dejando de lado cualquier consideración sobre el significado o la interpretación de las mismas. Un ejemplo es: ‘Aristóteles’ tiene once letras¹⁴. También hay otras propiedades sintácticas, menos obvias, estudiadas por los lógicos, tales como: “es una verdad lógica”, “no es contradictoria consigo misma” y “se puede deducir de”. Así, decimos que la expresión ‘está lloviendo o no está lloviendo’ es verdadera sólo por su estructura, sin necesidad de referirnos a su relación con la realidad, precisamente porque es ejemplificación del esquema *p o no p* que es una verdad lógica. La

¹³ Carnap [1939], p. 18.

¹⁴ Hay que tener presente aquí la distinción entre uso y mención. Distinguir los casos en que una expresión lingüística (en el ejemplo, Aristóteles) se *usa* para hablar de algo o decir algo (en el ejemplo, el gran filósofo griego) de aquellos otros en que la expresión es *mencionada*, se habla de ella (en el ejemplo, una palabra). En el último caso se acostumbra a formar el nombre de la expresión colocándola entre comillas simples. En nuestro ejemplo, Aristóteles refiere al gran filósofo griego y ‘Aristóteles’ refiere a la palabra. El principio general es el siguiente: para mencionar un objeto se usa un nombre o descripción del objeto y no precisamente el objeto mismo.

anterior expresión no es contradictoria, pero ‘llueve y no llueve’ si lo es; esto es así, como antes, sólo por su forma “tipográfica”¹⁵. Finalmente, y por razones semejantes a las anteriores, es una cuestión sintáctica que ‘Aristóteles es racional’ se deriva o deduce de las premisas ‘Todo hombre es racional’ y ‘Aristóteles es hombre’.

Por su parte, una propiedad semántica de una expresión concierne a la relación de la expresión con el mundo, con el *universo de discurso*. En términos más concretos, la semántica permite estudiar el significado de las palabras y la verdad o falsedad de los enunciados. Un ejemplo sería: ‘Aristóteles’ denota a Aristóteles, aquí la relación semántica es la de *denotación*. Este es un caso donde la expresión es una palabra; cuando la expresión es un enunciado¹⁶, la propiedad semántica más importante es la *verdad*, por ejemplo: ‘Aristóteles fue un filósofo’ es verdadero si y sólo si Aristóteles fue un filósofo. Más adelante se mostrará cómo estas relaciones semánticas pueden expresarse en términos de lo que se llama *interpretación* o *modelo* de un lenguaje formal, de modo que la noción de modelo (en aquél preciso sentido a estudiar) hace parte de la semántica.

¹⁵ Obsérvese que en este dominio hay cierta equivalencia entre las palabras “sintaxis” y “forma”; de ahí que, por ejemplo, cosa que se evidenciará más adelante, al referirse a estos aspectos de los sistemas matemáticos y lógicos se habla del carácter puramente formal de estos sistemas y, respectivamente, de sus disciplinas.

¹⁶ En general, en un lenguaje se tiene un conjunto de palabras que constituyen su vocabulario y, por otra, un conjunto de expresiones que son hileras finitas de palabras. La gramática del lenguaje especifica dentro del conjunto de expresiones la clase de los sustantivos y de las oraciones, especialmente. Así que, en el presente contexto, un enunciado se entiende como una oración declarativa.

Precisando un poco más, es común decir que el término ‘verdadero’ se aplica directamente ya sea a una oración (*sentence*) o a un enunciado (*statement*), y en un sentido derivado se dice que un conjunto de oraciones o de enunciados son verdaderos si todos sus elementos lo son. Pero en lógica se diferencia “oración” de “enunciado” en que la primera es una noción sintáctica y la segunda una semántica. Una oración es sólo una fórmula bien formada (sin variables libres), un enunciado es una oración dotada de significado. En lo que sigue, en cambio de *significado*, emplearemos la noción más técnica de *interpretación*, definiendo “enunciado” como “oración interpretada”, de modo que sólo de un enunciado (es decir, una oración interpretada) puede decirse que es verdadera o falsa.

Finalmente, la pragmática trata la relación de las expresiones con sus usuarios, ya sea sola o en combinación con las dos propiedades anteriores, un ejemplo sería: Cicerón prefería ser llamado ‘Cicerón’ y no ‘Tulio’; otro sería, en relación con contextos que implican índices o deícticos (‘yo’, ‘esto’, ‘ahora’, etc.), la denotación de ‘yo’, ya que esta depende de quien emplee el término, pues cada hablante la emplea para referirse a sí mismo.

En síntesis, la sintaxis se concentra en aspectos internos o puramente formales de un lenguaje, en tanto que la semántica tiene que ver con las relaciones entre lenguaje y mundo: relaciones entre entidades lingüísticas y entidades extralingüísticas. En otras palabras, el centro de atención en la sintaxis son las relaciones entre las expresiones de

un lenguaje y en la semántica lo es la relación lenguaje - mundo (los modelos, las interpretaciones). La reflexión anterior se centró en el lenguaje, pero si pensamos las teorías como lenguajes –sólo en estos aspectos pertinentes- podemos entonces trasladar por analogía las categorías aplicadas a estos para que sean aplicadas a aquellas, de tal manera que podamos establecer una primera distinción general entre los enfoques sintáctico y semántico en analogía con la distinción entre sintaxis y semántica de un lenguaje.

1.2. Caracterización del enfoque

El enfoque sintáctico-axiomático de las teorías empíricas fue desarrollado, en la década de los treinta del siglo pasado, principalmente por el positivismo lógico o empirismo lógico¹⁷ en manos de filósofos de la ciencia como Rudolf Carnap, Hans Reichenbach, Ernest Nagel, Carl G. Hempel y otros. Este enfoque dominó el análisis de las teorías en la filosofía de la ciencia durante las siete primeras décadas del siglo pasado pero aún persiste entre muchos filósofos y hombres de ciencia. Además hay que tener presente que con los empiristas lógicos la filosofía de la ciencia adquiere el carácter de disciplina autónoma, de modo que hombres como Moritz Schlick, Carnap y Reichenbach pueden ser considerados los padres de nuestro campo de trabajo.

¹⁷ Para la equivalencia entre estas dos expresiones véase Kraft [1950], pp. 27 y 35-36, y Friedman [1999], p.1.

Ahora bien, esta puede ser la historia inmediata de la filosofía de la ciencia, pero ella también tiene una prehistoria que nos remite a los orígenes mismos de la ciencia y la filosofía en Grecia, para continuar con aquellos científicos posteriores creadores de teorías de principios; hombres como Galileo, Newton, Maxwell y Einstein, entre otros, cuyos aportes a la física van acompañados, en grados diversos dependiendo el caso, de reflexiones que tratan cuestiones metodológicas y, en general, filosóficas sobre su campo de trabajo.

Así que podríamos decir que el enfoque sintáctico representa la expresión más acabada (extrema o radical, según se quiera ver) de aquél viejo ideal de sistematización, el de lograr una ciencia rigurosa mediante la construcción de sistemas axiomáticos. Este ideal de sistematización busca que el cuerpo de conocimiento de la naturaleza esté articulado, posea un carácter sistemático a través de un número reducido de conceptos que se relacionan mutuamente y forman así lo que se conoce como leyes; y es este tipo de trama lo que en últimas concebimos como una teoría, como la forma más elaborada de conocimiento sobre un ámbito de la realidad.

Actualmente contamos con una caracterización del enfoque sintáctico que podríamos calificar de estándar dada su gran aceptación por parte de los filósofos de la ciencia¹⁸. De acuerdo con esta, desde el enfoque sintáctico se conciben las teorías científicas como *cálculos formales* o

¹⁸ Véase por ejemplo, Putnam [1962], p. 312; Suppes [1967], p. 56; van Fraassen [1970], p. 337; y Suppe [1974], pp. 35-36 y 70-73, considerado como el estudio más completo, en profundidad y amplitud, de este enfoque.

sistemas formales axiomáticos parcialmente interpretados mediante reglas de correspondencia que relacionan términos teóricos con términos observacionales¹⁹. Si queremos desglosar más lo anterior, podemos decir que, por una parte, dicho enfoque asume el análisis de la estructura de la geometría como paradigma de las teorías físicas y, en general, de las teorías empíricas. Por otra parte, y por tanto, que los siguientes tres presupuestos fueron determinantes para intentar llevar a feliz término este programa: (1) las teorías empíricas son teorías matemáticas más una interpretación; (2) el lenguaje científico está compuesto por dos partes: una parte observacional y otra teórica; (3) no es problemático dar razón de por qué los términos observacionales son significativos, mientras que sí lo es en el caso de los teóricos.

Las principales características enunciadas anteriormente pueden verse de un modo claro en las siguientes palabras de Carnap, a quien podemos considerar como uno de los principales proponentes y defensores del enfoque sintáctico-axiomático: «el método descrito respecto a la geometría se puede aplicar igualmente a cualquier otra parte de la física: podemos construir en primer lugar un cálculo y después establecer la interpretación deseada en la forma de reglas

¹⁹ Considero escritos representativos de este enfoque (más no los únicos), en donde de una u otra forma se implementa esta manera de analizar, en unos casos, y de reconstruir, en otros, las teorías empíricas, los siguientes. Carnap: *Foundations of Logic and Mathematics* (1939), *The Methodological Character of Theoretical Concepts* (1956), *Philosophical Foundations of Physics* (1966), caps. 23-28; Ramsey, *Theories* (1931); Reichenbach, *The Philosophy of Space and Time* (1928), pp.14-19; Nagel, *The structure of Science* (1961), cap. V; Hempel, *Theoretician's*

semánticas que aportan una teoría física como un sistema interpretado con contenido factual»²⁰.

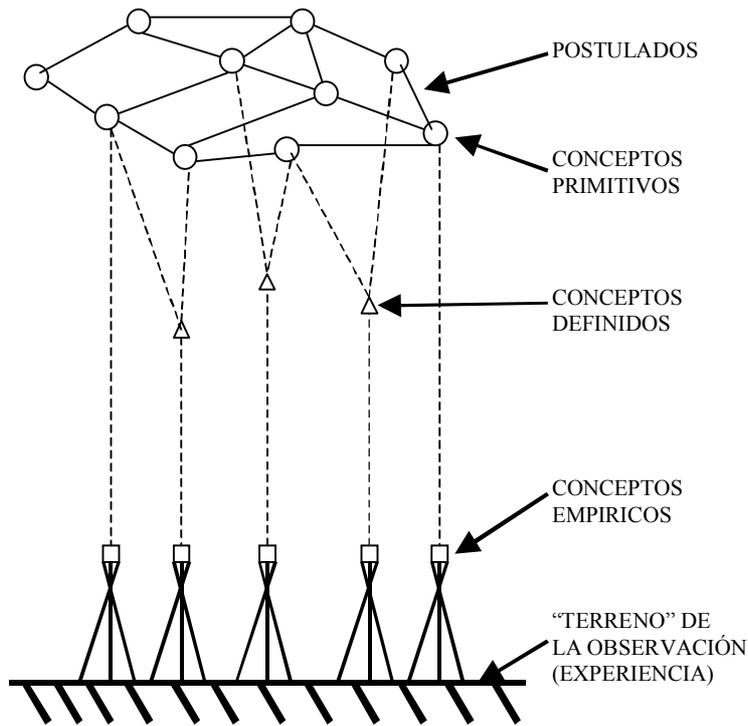
En otras palabras, la idea clave de la concepción sintáctica es que una teoría empírica consta fundamentalmente de dos partes: un *sistema formal*, en el sentido de los lógicos y los matemáticos, y cierto mecanismo que relaciona este sistema con el mundo natural. Esto puede apreciarse fácilmente en la figura que aparece a continuación. El sistema formal corresponde a la parte superior del esquema y contiene los postulados, los conceptos primitivos y los conceptos derivados. En tanto que el nivel observacional corresponde a la experiencia directa que se tiene del mundo y contiene los conceptos empíricos que están vinculados de un modo directo con la experiencia. Los dos niveles, el formal y el observacional, están conectados mediante el mecanismo de las reglas de correspondencia que relaciona los conceptos primitivos o definidos con los conceptos empíricos.

Las reglas de correspondencia garantizan el carácter empírico de la teoría, ya que sin ellas nos quedaríamos prácticamente con una teoría matemática o un sistema lógico. Es decir, una teoría empírica no puede reducirse a sólo un sistema formal precisamente porque una teoría empírica habla del mundo y como tal sus componentes o el todo en su conjunto deben tener una significación empírica; de ahí

Dilemma (1958) y *Implications of Carnap's Work for the Philosophy of Science* (1963).

²⁰ Carnap [1939], p. 309.

que para los partidarios de esta concepción sintáctica la función principal de las reglas de correspondencia sea la de llenar este vacío empírico presente en un sistema formal.



Representación empirista lógica de una teoría científica. Tomada de Feigl (1970)

Como puede verse, esta concepción pensó las teorías empíricas al estilo como se pensaba en su momento la construcción de la lógica y la matemática, desde un enfoque puramente formal de los sistemas axiomáticos en donde los elementos del sistema quedan indeterminados mientras no se haga una interpretación o se proponga una aplicación de ellos y en donde las cuestiones pertinentes son

clarificar si el sistema es lógicamente consistente y si determinado enunciado es derivable (deducible) en el sistema²¹.

Carnap, por ejemplo, en su texto *Fundamentos de lógica y matemáticas* (1939)²² ilustra claramente las dos componentes características de esta concepción para el caso de la mecánica newtoniana de partículas, la cual considera que puede reconstruirse como sigue:

1. Se toman como signos primitivos específicos algunos predicados y funtores, tales como: p, x, t, m y f.
2. Las leyes fundamentales de la mecánica se asumen como axiomas.
3. Las reglas de correspondencia establecen, por ejemplo, que: p designa la clase de partículas materiales; x la posición de una partícula en el tiempo t; m la masa de una partícula y f la clase de las fuerzas que actúan sobre una partícula. Además se establecen otras reglas adicionales para cada concepto teórico primitivo, no observable, de modo que lo relacione con términos observables o, lo que vendría a ser equivalente, se presenta una definición operacional del concepto mismo precisando un método de medición.

²¹ Digo “en su momento”, haciendo referencia especialmente al método axiomático o a la metamatemática de David Hilbert en su sentido restringido: como teoría de la demostración. El término *metamatemática* fue introducido por Hilbert, aunque antes Bertrand Russell ya había hablado de metageometría en *Ensayos sobre los fundamentos de la geometría* (1897). D. Hilbert implementa el método axiomático en *Fundamentos de la geometría* (1899). Para el método axiomático de Hilbert ver Hilbert [1917] y para un sentido más amplio de la metamatemática ver, por ejemplo, Tarski [1940], pp. 171-173.

La anterior caracterización de la perspectiva sintáctico-axiomática es a grandes rasgos, pero en busca de claridad y penetración en la caracterización hay que responder a: ¿qué se entiende por sistema formal?, ¿qué por sistema axiomático?, ¿en qué consiste la interpretación de un sistema formal?, ¿cuáles son los criterios que permiten distinguir entre términos teóricos y observacionales? y, finalmente, ¿cuál es la función de las reglas de correspondencia?

Comencemos entonces por la primera pregunta, ¿qué se entiende por un sistema formal? La construcción de un sistema formal $A = \langle L, R \rangle$ va precedida de la construcción de un lenguaje formal L . Este lenguaje formal inicialmente se construye como un sistema sintáctico. De manera más concreta, se procede de la siguiente forma:

1. Se construye un *lenguaje formal* L que consta principalmente de un vocabulario y una gramática. El *vocabulario* es un catálogo completo de los signos que serán usados en el sistema y la gramática aporta un conjunto de *reglas de formación* que establecen cuáles combinaciones de signos del vocabulario son aceptables como expresiones. Se definen en el metalenguaje las expresiones que son enunciados; esto es, expresiones bien formadas en las que las variables están ligadas o no libres. Así, un lenguaje formal es un conjunto de expresiones con sus signos y expresiones despojados de cualquier significado; en otras palabras, pura sintaxis, sólo combinación de símbolos.

²² Véase Carnap [1939], p. 125.

2. Se establece un conjunto de *reglas de transformación o deducción* R que permiten derivar o deducir expresiones a partir de otras expresiones. Estas reglas también se conocen como reglas de inferencia. Una regla de inferencia bien conocida de la lógica de predicados de primer orden es el *modus ponens*:

$$\frac{\text{Si P, entonces Q} \\ P}{Q}$$

3. Entre los enunciados se escogen una subclase A que representen los axiomas (los enunciados primitivos) de A que sirven para derivar los otros enunciados, los teoremas. Esta condición hace del sistema A un sistema axiomatizado; esto es, $A = \langle L, A, R \rangle$.

De lo anterior vale destacar además: uno, un sistema formal no es más que un lenguaje formal equipado con reglas de transformación o de deducción, por lo cual también se le llama sistema deductivo; y, dos, algo muy importante, una condición previa para presentar un sistema formal es contar con un lenguaje apropiado en el que se pueda enunciar.

En cuanto se pasa de un sistema formal a una teoría empírica es necesario vincular su estructura formal correspondiente con la realidad a través de reglas de correspondencia y, además, se tiene que el conjunto de axiomas de la teoría sería lo que suele identificarse como leyes de la teoría. Esto es en términos muy abstractos, pero

estas ideas pueden ilustrarse mediante casos concretos e importantes como el cálculo de probabilidades y la noción de probabilidad (principalmente para lo que es una interpretación), las geometrías pura y física, y la reconstrucción de la mecánica por parte de Carnap.

1.3. Cálculo de probabilidades y concepto de probabilidad

El presente apartado tiene tres propósitos que se complementan: ilustrar lo que es un cálculo informal, aclarar lo que se entiende por interpretación de un cálculo a través del análisis detallado del cálculo de probabilidades y de paso presentar las interpretaciones más dominantes del término ‘probabilidad’.

Para comenzar, hay que tener claro que el cálculo de probabilidades no es propiamente un sistema formal sino un sistema axiomático informal o, en términos de Stegmüller²³, pertenece a la axiomática hilbertiana informal. Pues bien, el término ‘probabilidad’ es un término polisémico, tiene varios significados, y por tanto en este sentido es un término ambiguo. Pero ser ambiguo, tener varios usos diferentes, no es lo mismo que ser confuso, pues cada uno de los usos del término puede ser perfectamente claro y preciso. El rango de los distintos sentidos del término ‘probabilidad’ va desde el claramente subjetivo como en nuestra apreciación de la probabilidad de que un equipo de fútbol pierda al enfrentarse a otro, pasando por el

²³ Véase *Capítulo 4, 4.3. Definición de un predicado conjuntista.*

inferencial en el que un grupo de oraciones proporciona un grado de soporte inductivo a otra oración y hasta el obviamente objetivo como en la probabilidad de que se desintegre determinado átomo radiactivo en los próximos minutos.

El cálculo de probabilidades, como sistema axiomático que es, no pretende responder con una *definición explícita* a ¿qué es la probabilidad?, sino que se limita a presentar un conjunto de axiomas que, siguiendo a Moritz Schlick, podríamos decir que definen *implícitamente* el concepto de probabilidad. Pero como plantea Stegmüller al respecto: «para distinguir este método hilbertiano de “determinación parcial del significado” de los conceptos básicos del sistema y el método usual de definición de nuevos conceptos, introdujo M. Schlick la expresión “definición implícita”. Pero esta tampoco fue una expresión afortunada»²⁴. No es una expresión adecuada puesto que a través del cálculo de probabilidades no se está definiendo implícitamente lo que es un concepto de primer orden como la probabilidad, pues realmente lo que se hace es definir explícitamente el concepto de segundo orden *espacio de probabilidad* o, de manera más precisa, una estructura matemática abstracta llamada espacio de probabilidad. Esto es, aquellas interpretaciones que cumplan los axiomas de dicho cálculo representan *buenas realizaciones* de dicho concepto; y veremos que las principales versiones al uso de “probabilidad” son interpretaciones adecuadas.

²⁴ Stegmüller [1973] p. 58. Siguiendo a Mosterín, es mejor llamar a estos elementos “conceptores” o “conceptos de segundo orden” o “estructuras”, véase Mosterín [1984], pp. 183 y 257.

La forma más acabada del cálculo de probabilidades corresponde, en términos amplios, a la forma que diera Kolmogorov a su teoría axiomática presentada en 1930. La siguiente formulación del cálculo de probabilidades presenta los axiomas fundamentales de un modo muy abstracto en la que los elementos básicos son conjuntos.

Sea p una función de probabilidad sobre un conjunto K , de modo que son tres los elementos necesarios para presentar los axiomas que rigen la función: el mismo conjunto K , un campo F de conjuntos sobre K y la función de probabilidad p ²⁵. La función es de K en \square , el conjunto de los números reales, o más exactamente de K en el intervalo $[0,1] \in \square$, y satisface al menos las siguientes restricciones:

1. $p(A) \in [0,1]$, para todo $A \in F$
2. $p(\emptyset) = 0$ y $p(K) = 1$
3. $p(A \cup B) = p(A) + p(B)$ si $A \cap B = \emptyset$, para A y $B \in F$
4. $p(A|B) = p(A \cap B) / p(B)$, para $p(B) > 0$, A y $B \in F$

Las tres primeras condiciones tratan con probabilidades absolutas o no condicionales y la tercera condición se llama axioma de aditividad finita. Las así llamadas probabilidades condicionales son funciones $p(\cdot|\cdot)$ de dos variables que cumplen la condición expresada en 4.

²⁵ El conjunto F por ser un campo en el conjunto (de referencia) K cumple dos condiciones: es una clase de subconjuntos de K , de modo que K y \emptyset , el conjunto vacío, pertenecen a F ; y es cerrado bajo las operaciones de unión, intersección y diferencia entre conjuntos -es decir, dados dos conjuntos A y B cualesquiera de F se tiene que $A \cap B$, $A \cup B$ y $A - B$ también pertenecen a F .

Hay que tener muy claro que el sistema formal anterior nada dice de los objetos a los cuales se les asigna un valor de probabilidad (el dominio de aplicación de la teoría) ni de cómo poder determinar, calcular, uno o más valores de probabilidad. Precisamente lo que proporciona el cálculo son las diferentes relaciones existentes entre las probabilidades de un cierto dominio, una vez proporcionado dicho dominio y las probabilidades. Por tanto el proceso de interpretación tiene dos etapas: primero hay que presentar las interpretaciones de K para luego, dada una de estas interpretaciones, presentar las diferentes interpretaciones al uso de la función de probabilidad.

En lo que respecta al dominio tenemos que las condiciones formales 1-4 pueden ser satisfechas por dos nociones completamente distintas de probabilidad las cuales han sido puestas de manifiesto desde los comienzos del estudio de la probabilidad en el siglo XVII²⁶: una se califica de objetiva y la otra de epistémica²⁷. De acuerdo con la primera el cálculo de probabilidades expresa las leyes fundamentales que regulan la asignación de probabilidades físicas objetivas a sucesos o eventos definidos y de acuerdo con la segunda la probabilidad expresa numéricamente grados de incertidumbre a la luz de ciertos datos²⁸.

²⁶ Véase Hacking [1975], *Capítulo 2*.

²⁷ El término de probabilidad epistemológica es de Kyburg, véase van Fraassen [1980], p. 164 y Howson [1995].

²⁸ Uno puede moverse, bajo ciertas limitaciones, de la interpretación en términos de sucesos a la de en términos de oraciones y viceversa. Véase Earman [1992], pp. 35-38 y capítulo 6, y Howson y Urbach [1989], pp. 15-23. Una de estas limitaciones es que la axiomatización de Kolmogorov requiere que F no sólo sea un campo sino que también sea un campo de Borel o campo-sigma; es decir, que sea cerrado bajo

Así que no sólo tenemos dos interpretaciones distintas para los mismos valores de probabilidad sino que también estas interpretaciones asignan probabilidades a tipos de enunciados completamente diferentes: en la objetiva los enunciados son sobre cuestiones de hecho, mientras que en la epistémica son sobre hipótesis específicas. En la probabilidad objetiva los objetos característicos, los elementos de K , son los sucesos o eventos y en la probabilidad epistémica son las oraciones o proposiciones. Pero como veremos para cada uno de estos tipos de objetos encontramos también diferentes interpretaciones debidas a cómo se define la función de probabilidad p .

Comencemos entonces por las variedades de interpretación de la probabilidad en términos de sucesos. Por una parte se tiene la *frecuentista*²⁹ *estricta* desarrollada por Reichenbach, en la que la

uniones e intersecciones infinitas no numerables, véase van Fraassen [1989], pp. 325-26.

²⁹ Mi empleo -puesto que dicho giro no está generalizado- del neologismo “frecuentista”, “propensista” y otros similares obedece principalmente a la siguiente regla: el giro se forma tomando el adjetivo correspondiente (o su parte determinante) y añadiéndole el sufijo “ista”; y esta regla la obtengo de casos paradigmáticos como (real, real-ista), (empírico, empir-ista) y (instrumental, instrumentalista) en donde el primer elemento es el adjetivo y el segundo el neologismo correspondiente. La directa aplicación de la regla nos lleva a proponer que a la hora de calificar una interpretación se emplee, por ejemplo: logicista, objetivista y subjetivista. Y la aplicación de la regla es indirecta en los neologismos correspondientes a las interpretaciones de la probabilidad que se hacen en términos de frecuencias y propensiones respectivamente porque los casos son un tanto más complicados ya que los términos de base (frecuencia y propensión) a partir de los cuales hay que hacer el giro son sustantivos y no adjetivos como en los casos anteriores. Por tanto considero que en estos casos primero hay que buscar los adjetivos correspondientes a estos sustantivos para luego seguir la regla anterior; de este modo obtendríamos, por ejemplo: (frecuencia, frecuente, frecuentista) y

probabilidad de un suceso se identifica con -o define explícitamente como- las frecuencias relativas de la ocurrencia de sucesos reales (finitos) de un mismo tipo. Esta interpretación es claramente insatisfactoria porque en cualquier tipo real de experimentos no esperamos que las frecuencias reales sean las probabilidades exactas. Por otra se tiene la interpretación *frecuentista débil* defendida por von Mises, en la que la probabilidad se define como el límite de la frecuencia relativa (o la frecuencia relativa a largo plazo) cuando el número de repeticiones tiende a infinito. Son dos principalmente los problemas presentes en esta interpretación. Se tiene que el número real de repeticiones es siempre finito y la definición se base en un número infinito de repeticiones. Además se requiere que la secuencia sea aleatoria porque los límites varían con el modo en que se presente el orden de la secuencia de resultados; es decir, en una secuencia de lanzamientos de una moneda como la siguiente C, X, C, X, ..., podríamos concluir que $P(C)=\frac{1}{2}$ o, contrariamente, que $P(C)=1$ en lanzamientos pares y $P(C)=0$ en los impares.

Las interpretaciones frecuentistas dan la probabilidad de un suceso como una propiedad empírica de la secuencia o clase de referencia de los resultados que generan los resultados más que en términos absolutos, en términos de la probabilidad de un suceso individual fuera de una secuencia. Por tanto la probabilidad no tiene sentido sin relación a una secuencia de resultados. La interpretación *propensista* de Popper también cabe dentro de esta categoría objetiva, ya que la

(propensión, propens(o/a), propensista), en donde el primer elemento es un

probabilidad se refiere a una frecuencia potencial, a una frecuencia que se presentaría bajo ciertas circunstancias muy específicas.

Esta categoría también cubre la definición clásica de probabilidad (la interpretación *clásica* o equiprobable) enunciada por Laplace en la que la probabilidad de un suceso es la relación entre el número de casos favorables al suceso y el número de casos posibles, donde los casos posibles han de ser todos equiposibles. Esta definición se basa en lo que suele llamarse principio de indiferencia, en que todas las alternativas son igualmente probables, y las objeciones que se le hacen son: la fundamental, que la definición es circular al presuponer la noción de equiposibilidad que es claramente una simple variante lingüística de equiprobabilidad y además la definición está limitada a experimentos que tengan cierta simetría, a aquellos en los que las alternativas son equiposibles, y por tanto casos como el del dado cargo quedan sin explicar.

En cuanto a las interpretaciones epistémicas tenemos una que es ostensiblemente independiente de la persona y otra que es fuertemente subjetiva. En la primera, la *lógica* (o probabilidad lógico-inductiva) desarrollada por Carnap, Hintikka, Jeffreys y Keynes, la probabilidad representa un concepto objetivo de tipo lógico y la noción fundamental es la de probabilidad condicional $P(H|E)$, la cual se entiende como una relación lógica entre el grado de soporte

sustantivo, el segundo el adjetivo correspondiente y el tercero el giro respectivo.

inductivo que la evidencia E proporciona al enunciado (a la hipótesis) H.

Por otra parte se tiene la interpretación irrestrictamente *subjetiva* de de Finetti, Ramsey y Savage en donde la probabilidad no es el tipo de probabilidad que una proposición puede tener en y por sí misma, o en relación con los hechos de los que trata, sino que es una relación entre la proposición y una persona dada o, mas estrictamente, entre la proposición y un cuerpo de información o evidencia (la información de esa persona), de modo que la probabilidad es una medida de nuestro grado de confianza en la ocurrencia de un suceso. Aquí la probabilidad tiene que ver esencialmente con las expectativas de sujetos cognoscentes racionales.

1.4. Las geometrías pura y física

Las principales características del enfoque sintáctico-axiomático, enunciadas en el apartado 1.2. *Caracterización del enfoque*, pueden ilustrar mediante un caso concreto e importante como lo fue el de los fundamentos de la geometría. Este tipo de reconstrucción de las teorías, presente en la concepción sintáctica, jugó un gran papel en las discusiones filosóficas sobre los fundamentos de la geometría por parte de los positivistas lógicos, especialmente en Reichenbach y Carnap. Así por ejemplo, Carnap plantea que «la geometría matemática y la geometría física son excelentes paradigmas de dos

maneras fundamentalmente diferentes de obtener conocimiento; la apriorística y la empírica»³⁰; con lo cual se está afirmando, entre otras cosas, que la geometría física no sólo representa el paradigma de la física sino el de las ciencias empíricas en general.

A partir de estas investigaciones sobre los fundamentos de la geometría se llegó a la importante distinción entre geometría pura (matemática) y geometría aplicada (física), no alcanzada hasta entonces. Además, cabe resaltar por el momento, que si bien parece que esta imagen de las teorías es adecuada (en cierta medida, pero no del todo) a la geometría física, el error principal del enfoque sintáctico estaría entonces en pretender hacer de esta imagen el carácter predominante de las teorías científicas; en otras palabras, en extender a todas las teorías empíricas un esquema que funciona relativamente bien en la geometría física.

El origen de la distinción entre geometría pura y física está relacionado directamente con la aparición de geometrías no-euclídeas, que a su vez tiene que ver con la larga e interesante historia del problema del quinto postulado de la geometría de Euclides, el así llamado postulado³¹ de las paralelas: por un punto exterior a una recta pasa *una y sólo una* paralela a dicha recta.

³⁰ Carnap [1966], p. 171.

³¹ Siguiendo el estudio de Federico Enriques [1924], pp. 35 y 39, empleo el término 'postulado' (equivalente a 'axioma' en el sentido actual introducido anteriormente) y no 'axioma', porque esta última expresión se emplea en los *Elementos* de Euclides como equivalente a "noción común", que no es lo mismo que axioma en sentido moderno.

El problema con este postulado no radicaba en su verdad sino en su independencia respecto al resto de postulados; es decir, para muchos matemáticos este postulado en realidad no era tal sino un teorema que podía demostrarse a partir de los otros cuatro³². Se hicieron muchos esfuerzos infructuosos para llevar esta tarea a feliz término, hasta que con la construcción de geometrías no-euclidianas quedó demostrada la independencia del quinto postulado; es decir, el hecho que el quinto postulado no es derivable de los otros. En otras palabras, si el quinto postulado es independiente de los otros cuatro entonces se le puede sustituir por un enunciado incompatible con él sin contradecir lógicamente los otros axiomas; y esto precisamente es lo que se obtiene con las geometrías no-euclídeas. Uno cualquiera de estos sistemas de geometría tiene un postulado alternativo a -un postulado incompatible con- el quinto postulado de Euclides que toma una de las formas de su negación; y además el sistema carece de contradicciones internas, es un sistema lógicamente consistente en el mismo sentido que lo es la geometría euclídea.

Claro, la cuestión ahora de fondo es por qué estas geometrías no-euclídeas son consistentes? Un sistema es *contradictorio* o *inconsistente* cuando a partir de él se puede demostrar cualquier oración, y es *consistente* o *no contradictorio* en caso contrario,

³² Los cinco postulados en un lenguaje moderno pueden enunciarse así: 1) por dos puntos pasa una recta; 2) toda línea recta finita (segmento rectilíneo) es parte de una única recta; 3) hay un único círculo con centro en un punto y con determinado radio; 4) todos los ángulos rectos son iguales; 5) si una recta que corta a otras dos forma al mismo lado ángulos internos cuya suma es menor que dos rectos, las dos

cuando de él no se deriva ninguna contradicción. Así, en un sistema contradictorio nos podemos encontrar con que algunas oraciones y sus respectivas negaciones son derivables. Esta es la forma sintáctica de definir la consistencia, pero está su equivalente semántico que es más efectivo: un sistema axiomático es consistente si tiene un modelo, una estructura matemática, en el cual los axiomas son verdaderos.

Así, se tiene que para cada una de las geometrías no-euclídeas se puede elaborar una interpretación, construir un modelo, en la geometría euclídea; de modo que de haber inconsistencia en la geometría no-euclídea, esta se habría manifestado en la geometría euclídea. Tenemos entonces que la consistencia de las primeras está supeditada a la consistencia de la geometría euclídea y, en general, que la consistencia de un sistema es respecto a la de otro; por lo tanto se habla de consistencia relativa y no absoluta.

La primera de estas posibilidades que se apartan de Euclides fue explorada independientemente y casi simultáneamente a comienzos del siglo XIX por Karl Friedrich Gauss, János Bolyai y Nikolai Lobachevski, quienes desarrollaron la geometría no-euclídea llamada *geometría hiperbólica*. Esta geometría mantiene los cuatro primeros postulados de la geometría euclídea y rechaza el quinto proponiendo como alternativa algo equivalente al siguiente enunciado: por un punto exterior a una recta pasa *más de una*

rectas prolongadas al infinito se encontrarán en ese mismo lado en que los ángulos son menores que dos rectos (Véase Enriques [1924], pp. 36-37).

paralela. Nótese que si se omiten las palabras ‘*más de*’ se obtiene una expresión equivalente al postulado de las paralelas.

La segunda posibilidad fue propuesta, no mucho después de la primera, por el matemático alemán Georg Friedrich Riemann. El tipo de geometría no-euclídea que propuso se conoce como *geometría esférica*, de modo que rechaza tanto el quinto postulado como el segundo y admite los otros tres de la geometría euclídea. Los dos postulados alternativos son respectivamente: por un punto exterior a una recta *no pasa ninguna* paralela y dos rectas cualesquiera tienen *dos* puntos distintos en común. Además, la *geometría elíptica* tiene como variante del segundo postulado de la geometría esférica al siguiente enunciado: dos rectas cualesquiera tienen *un único* punto en común.

Una vez elaboradas las geometrías no-euclídeas la pregunta obvia era: ¿cuál es la geometría verdadera? o, en términos más directos, ¿cuál es la geometría del mundo físico? Este problema sobre la estructura geométrica de nuestro espacio físico no había surgido antes puesto que cuando sólo se contaba con la geometría euclídea, y no existiendo otra posibilidad, se suponía esta geometría como la aplicable a la realidad física; la geometría se consideraba una investigación del espacio físico que nos rodea y no una construcción formal, lógica, exclusivamente. Pero ante la presencia de diversas geometrías la salida al problema se encuentra distinguiendo entre una geometría (pura) matemática y una geometría física. Una geometría

pura es un sistema formal tal como se precisó anteriormente, sin nada que decir sobre la realidad física, mientras que una geometría física es una teoría empírica, una teoría física que, desde la perspectiva que aquí se está explicando, resulta de dotar de significado a una geometría matemática.

Para ilustrar lo dicho, consideremos muy por encima el siguiente sistema G que es una minigeometría matemática, un sistema bastante simplificado que contiene esencialmente los axiomas de enlace de Hilbert³³ para puntos y rectas de la geometría euclídea³⁴. Como sintaxis se tiene un lenguaje apropiado para la lógica elemental, el cálculo de predicados de primer orden con identidad. Las constantes lógicas del lenguaje son:

- 1) las conectivas: el símbolo de negación \sim , el de implicación \rightarrow , el de disyunción \vee y el de conjunción \wedge ;
- 2) los cuantificadores: el cuantificador universal \forall y el existencial \exists ;
- 3) dos predicados binarios especiales: el símbolo de identidad $=$ y el de diversidad \neq .

Consideramos a x, y, z, w como variables y como constantes no lógicas (símbolos primitivos del sistema) a los predicados monádicos P, R y el diádico E ; y leamos Px, Rx, Exy respectivamente como x es

³³ Los términos que empleo aquí para las constantes predicativas los tomo directamente de Hilbert [1899], p.3. Expresión equivalentes a ‘axiomas de enlace’ son ‘axiomas de conexión’ y ‘axiomas de incidencia’

³⁴ Este ejemplo es una adaptación del ejemplo de van Fraassen [1972], p. 310.

P , x es R , x está relacionado con y mediante E . El sistema G tiene los siguientes tres axiomas:

$$A1) \forall x \forall y (Px \wedge Py \wedge x \neq y \rightarrow \exists z (Rz \wedge Exz \wedge Eyz))$$

$$A2) \forall x \forall y (Rx \wedge Ry \rightarrow \exists z \exists w (z \neq w \wedge Pz \wedge Pw \wedge Ezx \wedge Ewx \wedge Ezy \wedge Ewy) \rightarrow x = y)$$

$$A3) \forall x (Rx \rightarrow \exists z \exists w (z \neq w \wedge Pz \wedge Pw \wedge Ezx \wedge Ewx))$$

Los teoremas de G son, por lógica elemental, las consecuencias de estos axiomas. Pero aquí hay que aclarar que en esta presentación de Hilbert el sistema geométrico euclídeo, como sistema formal que es, está desprovisto de significado.

Un sistema formal puede tener un modelo (o una interpretación o realización), aunque normalmente esta no sea única: puede haber más de un modelo (interpretación) que *realice* o *satisfice* al conjunto de axiomas. Algunas de estas interpretaciones pueden ser lógicas y otras pueden ser descriptivas, lo importante es que ninguna de estas interpretaciones particulares desempeña un papel privilegiado en la construcción del sistema.

En general podemos introducir el concepto de modelo o realización en el marco de la axiomática formal transformado el lenguaje formal L , que anteriormente caracterizamos sintácticamente, en un sistema semántico mediante la interpretación del lenguaje en una o más estructuras. Ya habíamos dicho en qué consiste un lenguaje formal,

ahora debemos aclarar primero lo que es una estructura para después introducir la función interpretación.

Una estructura matemática $A = \langle A, R_i \rangle_{i=1-n}$ es una entidad compleja, compuesta de un conjunto A no vacío, llamado universo de la estructura, y una serie de relaciones R_i definidas sobre ese universo. Aquí, como en todo lo que sigue, *estructura* es equivalente a *sistema*³⁵.

En pocas palabras, un modelo del lenguaje L es una estructura A más una función I que interpreta los enunciados de L en la estructura A . Precisando, se parte de una estructura A y un lenguaje formal L adecuado a A . La función interpretación I hace, a grandes rasgos, que los términos del lenguaje L denoten individuos del sistema A y que todos los enunciados³⁶ de L adquieran un valor de verdad, que se conviertan en verdaderos o falsos en A .

Cuando estas condiciones se cumplen, se dice que la estructura A es un modelo de los enunciados del lenguaje L . Esto es, si se trata de un enunciado ϕ de L , simplemente decimos que A es un modelo de ϕ , o

³⁵ En esto me guío por van Fraassen [1971], p. 28. Pero hay quienes diferencian entre estructura y sistema, véase, por ejemplo, Mosterín [1984], p.218.

³⁶ Nuevamente, empleo “enunciado” en el sentido de la lógica formal, como “fórmula (bien formada) cerrada”; esto es, como “fórmula bien formada” en la que las variables están ligadas o no libres. Esto, desde el punto de vista de la gramática de un lenguaje natural como el castellano, equivaldría aproximadamente a “oración declarativa”, aquella que es verdadera o falsa. La diferencia entre los dos casos (lenguaje formal/lenguaje natural) radica en que en el primero se desprecian los significados mientras que en el otro no. Véase van Fraassen [1971], p. 120.

que φ es verdadero en A . De igual forma si se trata de un conjunto de enunciados Γ . En este caso, para cada $\varphi \in \Gamma$, φ es verdadero en A . Las siguientes expresiones son todas equivalentes entre sí: A es un modelo de φ , A satisface a φ , φ es verdadero en A y φ es satisfecho en A ³⁷.

Volvamos entonces al ejemplo de la geometría par ver dos interpretaciones descriptivas (dos modelos) del sistema G .

1. La *interpretación usual* del sistema G sería: x, y, z, w son puntos o rectas; P, R, E son los predicados, respectivamente, ‘es un punto’, ‘es una recta’ y ‘está situado en’. Con esto, los axiomas del sistema G se transforman en los axiomas corrientes: por dos puntos pasa una recta, dos puntos determinan una única recta y una recta tiene al menos dos puntos.

2. Lo que en geometría proyectiva se conoce como la *interpretación dual*. Esta se obtiene a partir de las estipulaciones anteriores intercambiando los significados de P y R del modo siguiente: P como ‘es una recta’ y R como ‘es un punto’. Los axiomas ahora dirían: los dos primeros, dos rectas se cortan en un punto y este punto es único; y, el tercero, por un punto pasan al menos dos rectas.

Con el propósito de concretar más los principales elementos involucrados en la noción de modelo o realización que se emplea en

³⁷ Para ampliar más estas ideas, véase Manzano [1989] pp. 76-77.

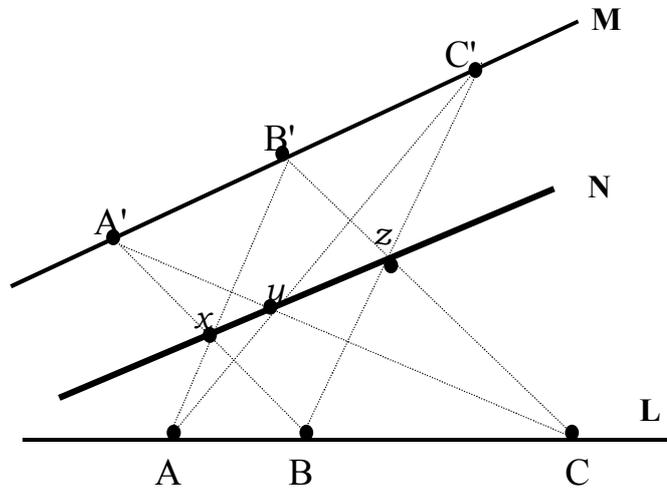
lógica o en semántica formal o en la teoría de modelos, voy a ilustrar cada uno de ellos a través de un sugestivo ejemplo visual relacionado con el teorema de Pappus³⁸.

El teorema de Pappus dice: si A, B, C son tres puntos distintos cualesquiera de la recta L , y A', B', C' tres puntos cualesquiera de otra recta M , los puntos de intersección de los pares de rectas AB' y $A'B$, AC' y $A'C$, BC' y $B'C$ respectivamente, se encuentran sobre una misma recta.

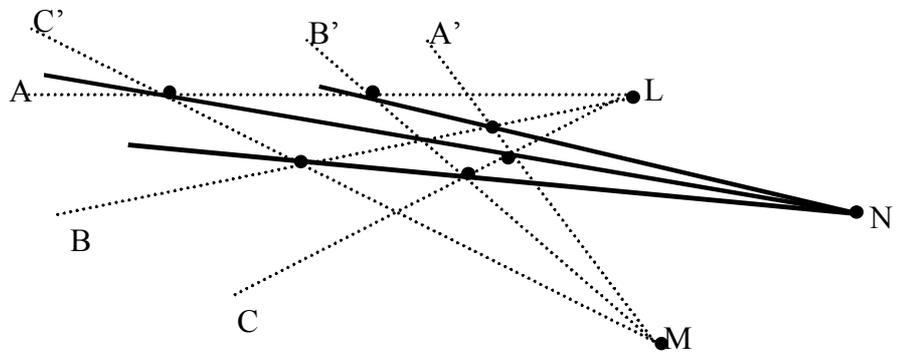
La cuestión radica, entonces, en que es posible construir dos estructuras geométricas (ver las figuras que siguen) diferentes que son modelos del teorema de Pappus porque satisfacen (cumplen) su enunciado. Uno de estos modelos corresponde a la interpretación “literal” o “usual” de los términos y expresiones que aparecen en el teorema, en tanto que el segundo modelo aparece por una interpretación “no literal” o, mucho mejor, “dual” de los mismos: el término “punto” se interpreta como recta, “recta” como punto y así sucesivamente. Las dos estructuras difieren porque sus dominios lo hacen, pero existe una relación entre ellas: las dos estructuras son isomorfas debido a que ambas estructuras son modelos del mismo enunciado.

³⁸ El presente ejemplo es una adaptación del ejemplo de Nagel y Newman [1958], pp.48-49.

Interpretación usual



Interpretación dual



Así, entonces, a partir del minisistema geométrico formal anterior se puede construir una geometría física dotando de significado - significado empírico- al sistema mediante algún mecanismo. Puesto que en general, de acuerdo a la perspectiva que se está presentando, el lenguaje de una teoría empírica puede dividirse en un lenguaje observacional y otro teórico; y dado que la interpretación del lenguaje observacional es una *interpretación directa* ya que se obtiene a través de lo inmediatamente dado a los sentidos; y puesto que lo peculiar de los términos teóricos es no tener una interpretación directa; se tiene entonces que la función principal de este mecanismo es la de proporcionar una *interpretación indirecta e incompleta* de los términos teóricos³⁹.

A este tipo de mecanismo los positivistas lógicos le dieron diferentes nombres dependiendo de lo que querían enfatizar; lo cual ya de por sí es algo criticable en la medida en que cada denominación logre su propósito. Carnap [1939] habla de *postulados semánticos* - equivalentes a reglas de interpretación como las anteriores- en un contexto amplio que incluye tanto sistemas matemáticos como teorías empíricas. Reichenbach [1927] con el mismo propósito, dotar de significado al sistema, pero circunscrito al caso de la geometría física habla de *definiciones coordinativas*. P. W. Bridgman destacando el aspecto de la medida en las ciencias empíricas propuso *definiciones operacionales*. Finalmente, Carnap [1956] habla de *reglas de correspondencia*, tal como se advirtió desde un comienzo en la

³⁹ Véase Carnap [1956].

caracterización del enfoque sintáctico, con objeto de afinar más la clarificación de dicho mecanismo en las teorías empíricas evitando que las reglas de correspondencia fueran asimilables a definiciones estrictas de términos teóricos, pues de ser así se obtendrían interpretaciones observacionales completas de estos términos, perdiéndose de este modo su carácter teórico por completo.

De acuerdo con Reichenbach, lo que respalda Carnap⁴⁰, son ilustraciones de definiciones coordinativas:

- 1) Un punto es un lugar en el espacio físico.
- 2) La trayectoria de un rayo de luz en el vacío es una línea recta.
- 3) Un cuerpo completamente rígido, libre de deformaciones, conserva sus medidas cuando se transporta.

Una vez impartimos significados por medio de estas definiciones contamos con una teoría física, de modo que puede presentarse la cuestión empírica de si la geometría física es euclídeana o no, ya que es una cuestión empírica cómo se comportan los rayos de luz. Una respuesta a esta cuestión fue dada en 1915 por Einstein en su teoría general de la relatividad, en la cual se adopta la geometría no-euclídeana⁴¹. Resalto aquí que la motivación principal de nuestra presente exposición es el análisis de la estructura de una teoría del espacio más que el contenido, valor empírico, de la misma.

⁴⁰ Carnap [1939], p. 117 y Carnap [1966], p. 314.

⁴¹ El artículo de Einstein es bastante significativo tanto respecto a la estructura no-euclídea del espacio físico como a la importancia del análisis estructural de la geometría en los términos expuestos aquí del positivismo lógico.

Por otra parte, en el presente caso de la geometría física hablamos de definiciones coordinativas⁴², pero estas desempeñan el mismo papel que las reglas de correspondencia al pretender dar significado a términos teóricos como ‘punto’, ‘recta’, ‘está situado en’, etc. relacionándolos con expresiones como ‘lugar en el espacio’, ‘trayectoria de un rayo de luz’, etc. que tienen una interpretación directa en términos de lo *directamente dado*: en términos de objetos y propiedades observables. No hay que olvidar que el resultado final de este mecanismo de restauración de significado es tal que la interpretación de los términos teóricos no es completa: los términos teóricos potencialmente “dicen mucho más” de lo que puede ser aprehendido por las reglas de correspondencia actuales y futuras de una teoría dada. Con esto concluyo la clarificación e ilustración de las principales características generales del enfoque sintáctico.

⁴² Que de algún modo son equivalentes a las reglas de correspondencia se puede ver en Carnap [1966], p. 314, Nagel [1961], p. 210 y Suppe [1974], p. 36.

CAPITULO 2

FALLAS EN EL ENFOQUE SINTÁCTICO-AXIOMÁTICO

2.1. Introducción

Este capítulo se propone sistematizar y valorar las principales críticas hechas al enfoque sintáctico–axiomático de las teorías empíricas, centrándose en aquellas que son más evidentes a la luz del enfoque semántico de las teorías en el que las teorías se conciben básicamente como una clase de estructuras, en el sentido matemático abstracto, tal y como tendremos la oportunidad de explicar y desarrollar en el próximo capítulo. Este procedimiento permitirá al mismo tiempo determinar algunas de las ventajas de este último enfoque frente a, por lo menos, el primero. Esto nos obligará a adelantar algunas ideas básicas relacionadas con el enfoque semántico, pues parece que no tenemos otra alternativa.

No pretendo ser exhaustivo en cada una de las dificultades que enfrenta el enfoque sintáctico puesto que un análisis amplio y profundo de las mismas desborda los límites presentes. Esto principalmente porque al estar éste tema inmerso en los planteamientos más amplios de la filosofía del positivismo lógico la discusión tendría que reconstruir muy buena parte de las numerosas y

fuertes críticas de las que fue objeto esta filosofía durante la segunda parte del siglo XX. Críticas éstas provenientes tanto de la misma filosofía de la ciencia como de la filosofía del lenguaje, en lo que respecta especialmente a su teoría verificacionista del significado.

No son muchas las exposiciones sistemáticas y profundas en este tema, pero en este asunto se cuenta con el trabajo, ya clásico, de F. Suppe [1974]⁴³ y con su síntesis propuesta en Suppe [2000]. Así que el análisis siguiente está orientado por estos dos trabajos. Las críticas (el tipo de crítica, mas no necesariamente la argumentación de la misma) que yo presento a continuación difieren de las de Suppe [1974] en que, por lo menos, las tres últimas no las contiene éste; mientras que con Suppe [2000] sólo difiere en que éste no contiene la quinta que yo presento -las relaciones sintácticas son limitadas- la cual se inspira en van Fraassen. Las dos versiones de Suppe tienen una crítica relacionada con la noción de interpretación parcial en el enfoque sintáctico que yo no contemplo por considerarla de menor importancia.

Las seis críticas siguientes pueden dividirse en dos grupos: las tres primeras pueden considerarse originadas directamente en la consistencia interna de la propuesta y en relación con cuestiones de hecho, las teorías físicas propiamente, de modo que corresponden a las críticas más usuales y predominantes en la segunda mitad del siglo XX; las tres restantes se hacen desde la posición privilegiada que da

⁴³ Véase Suppe [2000], p. 103.

una perspectiva nueva y actual como el enfoque semántico y, por tanto, son menos conocidas.

2.2. La dicotomía observacional/teórico es insostenible

Del análisis anterior del enfoque sintáctico se desprende que la distinción observacional/ teórico es una de sus tesis determinante, es un ingrediente esencial en el análisis que hacen de las teorías científicas. De acuerdo con Suppe, la línea de argumento implícito que aparentemente justifica esta opinión es la siguiente:

Las teorías científicas son desarrolladas para explicar o predecir eventos que puedan observarse; no obstante, por razones de simplicidad, amplitud y economía, las teorías emplean entidades o constructos teóricos para proporcionar estas explicaciones o predicciones; estos constructos teóricos no son directamente observables. Consecuentemente, en una explicación o predicción teórica se tienen dos tipos de oraciones: (a) distintas premisas cuya verdad no es problemática al estar confirmada por la observación directa; (b) distintas leyes cuya verdad es problemática puesto que su verdad no puede confirmarse por la observación directa. Por tanto, la distinción observacional/teórico es necesaria para mantener diferenciados los estatus de estas dos clases de oraciones⁴⁴.

Pero realmente las críticas a esta dicotomía han sido numerosas y están bien documentadas, de modo que aquí sólo quiero resaltar el argumento de van Fraassen que me parece recoge bastante bien el estado actual de la cuestión. De acuerdo con van Fraassen⁴⁵, esta dicotomía encierra dos pares de distinciones que no fueron de ningún modo percibidas tanto por sus proponentes, los positivistas lógicos,

⁴⁴ Suppe [1989], p. 63.

⁴⁵ van Fraassen [1980], p. 30.

como por muchos de sus detractores: una distinción es de carácter semántico (relacionada con los significados) y la otra de carácter ontológico.

La primera, en la que principalmente hace énfasis el enfoque sintáctico –tal como puede verse en la presentación anterior, se plantea entre términos: se habla de términos teóricos y términos observacionales; pero la expresión “término observacional” cae en un error categorial porque todos los términos o conceptos son teóricos, ellos siempre van acompañados de una teoría. Nuestro lenguaje está contaminado teóricamente o, mejor dicho, es completamente teórico: no podemos dividir nuestro lenguaje en una parte teórica y otra no teórica. En este punto hay que aceptar las críticas penetrantes de G. Maxwell, P. Feyerabend y T. S. Kuhn, entre otros. Así que son insostenibles la dicotomía en esta dimensión semántica y la concepción de teoría empírica sustentada en ella⁴⁶.

La segunda distinción se establece entre objetos, eventos o procesos: aquellos que son observables y los que no lo son, los que son inobservables. En otras palabras, la distinción pretende establecer la posibilidad de clasificar los objetos y los eventos en observables e inobservables. Este tipo de distinción no era propiamente el núcleo de la discusión contra los positivistas lógicos, aunque actualmente

⁴⁶ Expresar el contenido empírico de una teoría en términos puramente observacionales está estrechamente relacionado con esta distinción, pero puntualizar los errores específicos respecto a esta manera de ver el contenido de una teoría desborda los límites de esta presentación. Para ello ver van Fraassen [1980], pp. 77-80.

constituye el principal punto de desacuerdo entre realistas y antirrealistas (empiristas).

2.3. Las reglas de correspondencia no cumplen su función.

Como se advirtió anteriormente, las reglas de correspondencia se asumían como el mecanismo de restauración del significado; mediante ellas se esperaba traducir completamente el lenguaje de la física teórica al lenguaje observacional, al lenguaje simple de los informes observacionales del laboratorio. Pero el ejemplo de la geometría física muestra que los correlatos físicos que aparecen en la definición coordinativa no producen una traducción completa. La definición establece la identidad entre la trayectoria de un rayo de luz y una recta, pero esto realmente no se tiene porque aunque dos puntos cualesquiera están en una recta, estos no necesariamente se encuentran en un rayo de luz; o, a la inversa, la identidad nos llevaría a afirmar, por ejemplo, que en un cuarto oscuro no hay rectas.

Pero el defensor de las reglas puede replicar que las definiciones coordinativas no establecen una identidad sino más bien una traducción de este tipo: ‘línea recta’ como ‘trayectoria *posible* de un rayo de luz’. Aquí las dificultades persisten, la complejidad del lenguaje no sólo se evidencia en su carácter teórico irreducible sino también en el recurso a una modalidad como ‘posible’. De modo que las dificultades persisten ya que los elementos teóricos no están

ausentes (por ejemplo, la expresión ‘línea recta’ no se puede sustituir completamente) y los criterios de aplicación están indefinidos puesto que no se establece si la *posibilidad* mencionada es relativa a las leyes y circunstancias, y de ser así, si dichas leyes y circunstancias pueden afirmarse sin recurrir al lenguaje geométrico⁴⁷.

La crítica anterior apunta directamente a la función principal –la de dar contenido empírico- que debería cumplir una regla de correspondencia de acuerdo con el empirismo lógico. Pero también es fácil observar que la misma caracterización de las reglas de correspondencia, ya sea como definiciones coordinativas o reglas operacionales o reglas semánticas o reglas de interpretación, difícilmente se puede sostener dada la heterogeneidad de funciones de las mismas⁴⁸.

2.4. Las teorías no son sistemas axiomáticos.

El asumir las teorías empíricas como sistemas de axiomas es una generalización fundada sólo en una semejanza muy superficial con los desarrollos axiomáticos tradicionales de la geometría, tal como se intentó mostrar anteriormente. Si nos remitimos a los estudios sobre fundamentos de la física, por ejemplo, realmente no encontramos que las teorías estén caracterizadas por postulados o axiomas –aunque se utilicen estos términos al describir la teoría- sino más bien por la

⁴⁷ Esta objeción se recoge, en líneas generales, de van Fraassen [1991], pp. 5 y 6.

descripción de un conjunto de modelos; es decir, en términos más específicos y técnicos, como un espacio de estados junto con una función que correlaciona dicho espacio de estados con afirmaciones elementales sobre las magnitudes físicas medibles. Esto lo podemos ilustrar con el conjunto familiar de postulados para la mecánica cuántica, que se encuentran de diferentes formas equivalentes en muchos textos:

Postulado 1. Dado un sistema físico, cualquier estado de dicho sistema se representa por un vector normalizado ψ de un espacio de Hilbert H . A dicho vector normalizado se le denomina *vector o función de estado*. Toda la información relativa al sistema físico en cuestión está contenida en el vector de estado. El espacio de Hilbert H es, por tanto, el *espacio de los estados* del sistema físico.

Postulado 2. Sea un sistema físico cualquiera y sea H el espacio de Hilbert de los estados correspondiente. Cada observable A de dicho sistema físico se representa mediante un operador lineal hermítico \hat{A} que actúa en el espacio H .

Nuevamente, podemos admitir cierta adecuación, con las limitaciones ya advertidas, de la concepción sintáctico-axiomática en lo que respecta a una teoría del espacio, una geometría física, pero hay que decir que no es adecuada la extrapolación que hace de esta a las teorías físicas en general.

⁴⁸ Para un intento de clarificación de tal heterogeneidad, ver Nagel [1961], p. 103.

2.5. La metamatemática es un formalismo inapropiado.

Considero que la frase que encabeza la presente crítica es equivalente a la siguiente expresión más conocida o, por lo menos, más pronunciada: la herramienta de la filosofía de la ciencia no es la metamatemática sino la matemática. Esta idea corresponde a una importante tesis metodológica de P. Suppes para la filosofía de la ciencia y la extraigo de van Fraassen [1970], p.309, pero la que conozco directamente de P. Suppes dice: «los métodos básicos apropiados para los estudios axiomáticos en las ciencias empíricas no son metamatemáticos (y así sintácticos y semánticos), sino conjuntistas»⁴⁹.

A partir de lo que se dijo de la concepción sintáctica es fácil notar que ésta pensó las teorías empíricas al estilo como se pensaba en su momento la construcción de la lógica y la matemática, desde un enfoque puramente formal de los sistemas axiomáticos en donde los elementos del sistema quedan indeterminados mientras no se haga una interpretación o se proponga una aplicación de ellos y las cuestiones pertinentes son si el sistema es lógicamente consistente y si determinado enunciado es derivable (deducible) en el sistema.

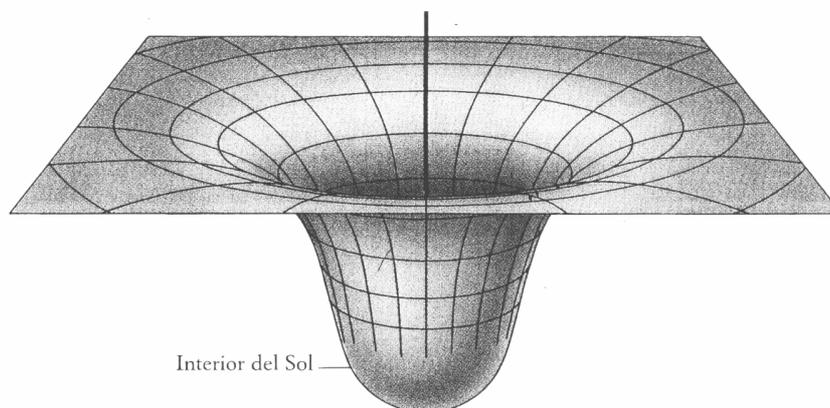
De acuerdo con Hilbert la metamatemática se ocupa de la descripción, discusión y teorización de los sistemas propuestos por las diferentes disciplinas matemáticas, y de manera importante estudia ciertas propiedades de estos sistemas, propiedades tales como:

⁴⁹ Suppes [1954], p. 33.

axiomatizabilidad, independencia de sus axiomas, consistencia y completud. Con objeto de lograr esto se comienza por, desde el enfoque puramente formal presentado en el primer numeral, elaborar un lenguaje formal bien definido y apropiado al sistema –este es el aspecto a tener presente aquí. Pero, como evidencia el enfoque semántico, es posible presentar una teoría con los diferentes recursos que nos proporciona la matemática y sin necesidad de privilegiar un lenguaje formal o uno natural específico. Así por ejemplo, dentro del mismo estudio metateórico de las teorías empíricas nos encontramos con que en el estructuralismo la herramienta principal es la teoría informal de conjuntos y en la versión de van Fraassen los espacios de estados.

2.6. Las relaciones sintácticas son limitadas.

Tanto en el análisis del lenguaje como en el estudio de la estructura y contenido de las teorías empíricas podemos hablar de propiedades sintácticas y semánticas, tal y como tuvimos oportunidad de exponer en el apartado *1.1. Distinción general entre sintaxis y semántica*. Ahora bien, las relaciones sintácticas son limitadas en el estudio de la estructura y contenido de las teorías empíricas porque ciertas relaciones entre teorías o entre aspectos del mundo natural no pueden reconocerse por métodos sintácticos sino semánticos. Esto podemos verlo a través de un caso particular como el de la estructura geométrica del espacio físico.



El dibujo representa la geometría espacial alrededor del Sol (centro de atracción con simetría esférica). En el exterior la geometría sigue la forma de embudo y en el interior la geometría espacial toma la forma de un cuenco.

Si, por ejemplo, se compara la geometría euclídea con la geometría riemanniana en términos puramente sintácticos, una de las conclusiones que se puede extraer es que son mutuamente inconsistentes (la relación de inconsistencia es una relación sintáctica) y nada más: una afirma el postulado de las paralelas y la otra lo niega. Pero si a la conclusión anterior se une la idea de que el espacio físico real tiene una estructura semi-riemanniana –uno de los logros de la relatividad de Einstein- se concluye que el espacio físico no puede admitir de ninguna manera una estructura euclídea.

Pero esto último no es cierto porque, como también lo plantea la teoría general de la relatividad, *localmente* el espacio físico es euclídeo; en otras palabras, la estructura del espacio puede

considerarse y tratarse como euclídea en regiones *relativamente* pequeñas (como muestra la figura de arriba). Esto es lo que se expresa a veces diciendo que el espacio no-euclidiano tiene una estructura euclidiana en regiones pequeñas; y esto no encierra ningún tipo de contradicción sencillamente porque desde un punto de vista semántico la estructura euclídea está *inmersa* en la estructura semi-riemanniana: la estructura euclidiana es isomorfa a una parte, una subestructura, del espacio físico real.

2.7. Las teorías no son entidades lingüísticas

También existe un amplio consenso en cuanto que la principal dificultad que enfrenta el enfoque sintáctico se origina en lo que podemos llamar su dependencia lingüística, en implicar que las teorías son entidades lingüísticas. Es decir, en el gran compromiso lingüístico que se adquiere ya que todo cálculo formal está asociado con un sistema sintáctico, se encuentra bajo el yugo de la sintaxis de un lenguaje. De modo que aquí la sintaxis no es algo secundario y aparece por tanto la siguiente tensión o paradoja en este enfoque: intuitivamente, o dentro de la práctica científica, es claro que podemos tener dos formulaciones de una misma teoría pero, por otra parte, si nos atenemos a los cánones de este enfoque y dado que hablar de diferentes formulaciones implica diferentes sintaxis -y, en últimas, lenguajes diferentes, tenemos que concluir que las dos formulaciones equivalen a dos teorías distintas. Así, por ejemplo, la

formulación lagrangiana y la hamiltoniana de la mecánica clásica de partículas contarían como dos teorías, pero sabemos que los físicos las consideran formulaciones distintas de la misma teoría.

Con objeto de aclarar la principal ruptura entre los enfoques sintáctico y semántico, vale comenzar por presentar y arriesgar un inventario ontológico. Por una parte podemos decir que hay entidades físicas como objetos físicos, eventos y procesos, los cuales mantienen entre sí relaciones muy diversas. Por otra parte, dentro del presente inventario de objetos podemos incluir objetos abstractos como las estructuras matemáticas de las que ya hemos hablado. Finalmente, es claro que estos dos tipos de entidades son de índole muy diferente a (están en el lado opuesto a, por así decirlo, las) entidades lingüísticas como los enunciados y los actos aseverativos de los enunciados mismos; de ahí que a los primeros (objetos físicos y estructuras matemáticas) se les califique de entidades no lingüísticas.

A partir del análisis anterior que se hizo del enfoque sintáctico es fácil ver que esta perspectiva ubicaría las teorías en el tercer dominio, las clasificaría como entidades lingüísticas ya que las teorías en últimas se conciben como conjunto de enunciados. Pero decir que algo es una entidad lingüística implica que los cambios en sus aspectos lingüísticos, incluyendo la formulación de su sistema axiomático, produce una nueva entidad; por tanto, y una vez más, en el enfoque sintáctico el cambio en la formulación de una teoría es un cambio en la teoría. Ahora bien, si esta concepción es errada y procedemos por

descarte, qué alternativa queda? Puesto que no es posible equiparar una teoría con una entidad física, hay que concluir que son estructuras matemáticas abstractas, modelos que podemos emplear para representar diferentes aspectos del mundo físico.

Pero es claro que estos modelos no se pueden “exhibir” directamente sino que hay que hacerlo mediante el empleo de un lenguaje que permita caracterizarlos o definirlos, pero la clave está en que este lenguaje no tiene por qué ser único. En otras palabras, la formulación de una teoría requiere de un lenguaje, pero una misma teoría admite distintas formulaciones.

La gran ruptura del enfoque semántico respecto al sintáctico radica precisamente en este punto: dejar de pensar en enunciados para pensar en modelos. Los partidarios del enfoque semántico vienen insistiendo en esta idea desde por lo menos hace treinta años, pero que su importancia no estaba suficientemente determinada se deja ver en Suppe [1974]. En la parte final del Capítulo IV. *Críticas a la concepción heredada* de este escrito, Suppe concluye que «aunque hay un acuerdo en que la Concepción Heredada es inadecuada, no hay un consenso general acerca de cuál sea la fuente de esta no-adequación»⁵⁰, y a continuación lista nueve rasgos que considera importantes para un análisis adecuado de la estructura de las teorías empíricas; pero, lo que es importante, dentro de estos rasgos no se encuentra algo así como el rechazo a una concepción centrada en los

⁵⁰ Suppe [1974], p. 115.

enunciados. Esta idea, que con sus mismas palabras podemos calificar como *el rasgo esencial* de una teoría empírica, aparece por primera vez en el siguiente capítulo como antesala al apartado C. *Enfoques Semánticos*: «las teorías –nos dice Suppe- son extralingüísticas y por consiguiente no son meras colecciones de proposiciones»⁵¹.

En síntesis, una misma teoría admite diferentes formulaciones o, lo que es lo mismo, las teorías tienen diferentes propiedades que las individualizan, y el enfoque semántico de las teorías construye las teorías como entidades extralingüísticas que admiten diferentes formulaciones, superando de esta forma una de las principales dificultades del enfoque sintáctico-axiomático.

⁵¹ *Ibid.*, p. 204.

CAPITULO 3
ENFOQUE SEMÁNTICO:
ELEMENTOS DE INDIVIDUACION DE UNA TEORÍA

3.1. Introducción

Como se dejó sentado en el capítulo anterior, el enfoque semántico aparece como una alternativa al entonces prevaleciente análisis de las teorías del positivismo lógico –a lo que hemos llamado enfoque sintáctico-axiomático- y además proporciona diferentes razones para el rechazo de este análisis. Por otra parte, existe un acuerdo generalizado, tanto entre defensores como entre detractores del enfoque semántico de las teorías científicas, en cuanto que el eslogan que mejor expresa la esencia del enfoque es: *las teorías científicas quedan mejor comprendidas como conjuntos de modelos, en el sentido matemático abstracto, que como conjunto de enunciados.*

La presente reflexión parte de reconocer que la anterior caracterización de las teorías empíricas que hacen los semanticistas recoge un aspecto esencial de la estructura de las teorías, pero al mismo tiempo asume como objetivo mostrar que dicho aspecto esencial no es único. En otras palabras, el presente capítulo presenta y parcialmente sustenta una propuesta de solución a lo que se considera el problema de la individuación de las teorías, el cual

entendiendo en los siguientes términos: determinar los elementos clave que permiten identificar una teoría. La tesis que se defiende, entonces, es que dentro del enfoque semántico de las teorías los elementos determinantes en la identidad de una teoría son la clase propuesta de modelos teóricos, los modelos de datos y una aserción empírica⁵²; pero con importantes salvedades en cada uno de estos elementos, como veremos más adelante.

Para lograr lo anterior se eligió como estrategia de análisis y de exposición presentar lo que dicen al respecto las dos versiones más desarrolladas y conocidas del enfoque semántico, el estructuralismo y la concepción espacio de estados (la propuesta de van Fraassen), destacando especialmente sus coincidencias en este punto. En esta tarea también juega un papel importante la aplicación del criterio metodológico que distingue entre consideraciones puramente estructurales y consideraciones que llevan a algún tipo de compromiso epistemológico dentro del análisis de las teorías que estas dos concepciones realizan. Estos compromisos epistemológicos se evidencian especialmente en ciertas caracterizaciones específicas de los modelos de datos y en cierto tipo de relaciones particulares entre un modelo de datos y un conjunto de modelos teóricos.

⁵² Aquí, como en lo sucesivo, no empleé las expresiones que utilizan los estructuralistas ni, estrictamente, van Fraassen, sino que más bien hago uso de expresiones que me parecen más neutrales. Una justificación más completa de estos giros se presenta más adelante.

Bajo este contexto es posible, entonces, enunciar el objetivo anterior en estos otros términos. Por una parte muestro que la respuesta explícita que estas dos versiones dan a la pregunta por los elementos de identidad de una teoría es: van Fraassen plantea que en últimas una teoría hay que identificarla a través de su clase de modelos propuestos y sus hipótesis teóricas; en tanto que para el estructuralismo los elementos de identidad son el núcleo teórico y el conjunto de aplicaciones intencionales. Por otra parte planteo y argumento que aquellos aspectos en los que coinciden, explícita e implícitamente, ambas versiones del enfoque semántico en lo que respecta a la naturaleza y estructura de las teorías científicas los podemos considerar como los elementos determinantes en la identidad de una teoría y que precisamente estos aspectos son los tres mencionados más arriba. De este modo se logra una caracterización de las teorías científicas que es neutral desde un punto de vista epistemológico; es decir, en la que los tres elementos mencionados quedan caracterizados únicamente en términos estructurales, sin contener compromiso epistemológico alguno.

3.2. Orígenes del enfoque semántico

Sin lugar a dudas F. Suppe además de ser uno de los filósofos de la ciencia que ha contribuido directamente en el desarrollo del enfoque semántico también se ha interesado en sistematizar distintos aspectos relacionados con su historia. Especialmente el prólogo de su libro *The*

Semantic Conception of Theories and Scientific Realism (1989) es una excelente guía en este tema de la historia de los orígenes del enfoque semántico y las motivaciones que han apoyado su desarrollo. En consecuencia, lo que sigue de este numeral se inspira en buena parte en este escrito de Suppe.

De acuerdo con Suppe son tres principalmente las fuentes que bebieron quienes impulsaron en un comienzo el enfoque semántico: ciertos trabajos de John von Neumann en fundamentos de la mecánica cuántica, los trabajos de Alfred Tarski en semántica formal y los trabajos de Suppes en axiomatización de teorías físicas por métodos conjuntistas. Así, éste plantea: «estoy impresionado por cómo se tejen las distintas líneas de influencia y la medida en que nos ha influenciado los enfoques de von Neumann, Tarski y conjuntista». Digamos algo más de cada una de estas líneas históricas.

El enfoque semántico de las teorías se desarrolló al menos desde 1948 con la publicación de los trabajos del lógico holandés Evert W. Beth y podemos encontrar anticipaciones de dicho enfoque en los escritos individuales de von Neumann [1955] y en los colectivos de Birkhoff y von Neumann [1936]. En distintos escritos Beth propone un análisis semántico de las mecánicas newtoniana y cuántica en el que combina las técnicas semánticas formales de Tarski y Carnap con el trabajo de von Neumann [1955] sobre los fundamentos de la mecánica cuántica. Así, una de las ideas de Beth en la nueva perspectiva semántica del análisis de las teorías científicas era:

La filosofía de la ciencia, en lugar de intentar tratar con especulaciones sobre el contenido de la ciencia debería más bien intentar un análisis lógico -en el sentido amplio de la frase- de las teorías las cuales son las que realmente forman el contenido real de las distintas ciencias. El método semántico, que fue introducido por A. Tarski hacia 1930 y que muy recientemente ha sido ampliamente estudiado por R. Carnap, es de gran ayuda en el análisis de las teorías físicas⁵³.

La siguiente figura importante en el desarrollo de la concepción semántica fue Patrick Suppes. Su principal aporte consistió en aplicar los métodos conjuntistas de McKinsey y Tarski en los estudios sobre axiomatización de los fundamentos de la física, en el que las teorías se analizan como predicados o estructuras conjuntistas. Con McKinsey, A. C. Sugar y H. Rubin publica un número de escritos que intentan axiomatizar de un modo riguroso las ramas existentes de la física. En estos trabajos encontramos como uno de sus principios de axiomatización el determinar un conjunto de axiomas con el mínimo de axiomas posibles y en el que dichos axiomas sean mutuamente independientes.

De manera muy apropiada van Fraassen destaca la importancia de P. Suppes en el cambio de perspectiva sobre el análisis de las teorías y las ideas esenciales que éste promovió en dicho cambio:

La idea de Suppes era simple: para presentar una teoría definimos directamente la clase de sus modelos sin prestar atención a cuestiones relacionadas con su axiomatización, en un lenguaje especial, por relevantes o simples o lógicamente interesantes que puedan ser. Y si hay que identificar la teoría en sí misma con cualquier cosa -si las teorías tienen que ser referidas - entonces una teoría debería identificarse con su clase de modelos⁵⁴

⁵³ Beth [1949], p. 180. Cita extraída de Suppe [1989], p. 6.

El siguiente trabajo sobre la concepción semántica que apareció después de los dos anteriores (Beth y Suppes) fue la tesis de Joseph D. Sneed, estudiante de Suppes y sobre el que hablaremos más adelante dado que fue uno de los creadores del programa estructuralista propiamente.

Al trabajo anterior le sigue la tesis doctoral de Frederick Suppe (1967) en la que desarrolla una versión del enfoque semántico. En el desarrollo de su versión semántica de las teorías, como plantea el mismo Suppe⁵⁵, fueron de gran importancia el tratamiento que Birkhoff y von Neumann [1936] dan a los modelos de espacio de observación y a los modelos de espacio de fase de la teoría cuántica. El trabajo de estos dos científicos y también el de H. Margenau [1950] influyeron de un modo importante en la concepción semántica de Suppe, especialmente en la consolidación de la noción de espacio de fase, la idea de que las teorías idealizan los fenómenos, la noción de la lógica de una teoría, la interpretación de las proposiciones como correspondiendo a subsistemas de un espacio de fase y de observación y la noción de sistema físico. A lo anterior también hay que añadir el enfoque conjuntista de Suppes, especialmente la distinción marcada entre estructuras sintácticas y semánticas en la semántica formal y las técnicas conjuntistas asociadas.

Bastian C. van Fraassen es el último de los principales promotores de la concepción semántica y su versión fue inicialmente estimulada por

⁵⁴ van Fraassen [1989], p. 222.

los trabajos de Beth, los cuales tuvo muy en cuenta con la idea de proporcionar una semántica para la lógica cuántica. Como dice el mismo van Fraassen, «el principal problema para el cual me ejercitaban [las ideas de Beth] y para el cual la concepción semántica me mostraba una salida era la cuestión de cómo proporcionar un análisis semántico de la lógica cuántica»⁵⁶. En su versión del enfoque semántico también influyeron las técnicas conjuntistas de P. Suppes y los trabajos -como en Suppe- en fundamentos de la mecánica cuántica de los matemáticos Hermann Weyl, von Neumann y Birkhoff. En su artículo “On the Extension of Beth’s Semantics of Physical Theories” (1970) desarrolla su propuesta semanticista como una ampliación y generalización del enfoque de Beth, el cual podríamos decir adquiere una forma inicial acabada⁵⁷.

De este modo queda descrita la línea histórica que conduce, particularmente, a la concepción de van Fraassen (que es una de las concepciones que aquí nos interesa) y, en general, a lo que podríamos considerar como una de las versiones influyentes del enfoque semántico, la cual integran Suppe, van Fraassen y Ronald Giere. La otra versión influyente es la del estructuralismo, que si bien se inspira en los trabajos pioneros de P. Suppes de finales de la década de los cincuenta, su formulación sistemática inicial se encuentra, como ya anunciábamos, en los trabajos de Sneed (de E.U.A.) y en su

⁵⁵ Suppe [1989], p. 13.

⁵⁶ Carta de van Fraassen a Suppe, Febrero 19 de 1985; cita extraída de Suppe [1989], p. 15.

⁵⁷ En *Introducción. Análisis de las teorías*, del presente escrito, se describen otros aspectos más particulares del trabajo de van Fraassen.

desarrollo han jugado un papel central Wolfgang Stegmüller, Carlos Ulises Moulines y Wolfgang Balzer, en Europa.

La tesis de J. Sneed consistió en un estudio sobre la estructura de la física matemática, en el que explotaba los métodos axiomático-conjuntistas de Suppes. En su libro posterior *Logical Structure of Mathematical Physics* (1971) amplía su tesis y una de las cuestiones importantes del libro es intentar caracterizar la naturaleza de los términos teóricos divorciándose de la distinción positivista observacional/teórico -un problema que había planteado Putnam [1962]. Especialmente son dos las obras que podemos considerar puntos de referencia clave del programa estructuralista: una es el libro de Sneed, mencionado anteriormente, y la monumental obra conjunta *An Architectonic for Science* (1987), de Balzer *et al.*, que podríamos calificar como la obra madura del programa⁵⁸.

Por otra parte, un resultado novedoso e importante obtenido por Sneed fue la reconstrucción de los planteamientos de Kuhn y otros historiadores de la ciencia sobre la dinámica de las teorías, los cuales evidentemente son mucho más apropiados a la historia real de la ciencia que la imagen acumulativa ingenua sugerida por el positivismo lógico. De hecho, Stegmüller [1976] además de hacer una excelente exposición de las principales ideas de Sneed [1971] intenta explotar la propuesta de Sneed para proporcionar un análisis de la noción de inconmensurabilidad de Kuhn.

⁵⁸ Véase Moulines [2002], p.3.

Llegados a este punto cabe hacer algunas observaciones sobre la idea de Suppe –la cual presenta en el prólogo mencionado– de excluir la concepción estructuralista de las teorías de la concepción semántica. La principal, por no decir la única, razón que expone Suppe es que la solución de Sneed utiliza reglas de correspondencia en la forma de las oraciones Ramsey⁵⁹. Pero todo esto es una interpretación incorrecta de la concepción estructuralista por parte de Suppe.

Como veremos en el momento de presentar las principales ideas del estructuralismo, no sólo se tiene que esta concepción está en principio completamente de acuerdo con el contenido del eslogan que caracteriza al enfoque semántico de las teorías y que enunciamos al comienzo de este capítulo, sino que también ha desarrollado bajo los mismos principios un análisis de las teorías mucho más “fino y graneado” que el de cualquiera otra de las versiones semanticistas⁶⁰. Y puesto que el mismo Suppe comparte esta caracterización cuando de manera reiterada destaca la siguiente idea que uno encuentra al principio en su libro: «en la concepción semántica, el corazón de una teoría es una *estructura teórica* extralingüística»⁶¹; es claro que aquí tenemos una razón para incluir a la concepción estructuralista dentro de la familia semanticista más que para excluirla. Por esto comparto la objeción que hace Diederich a Suppe, que dice: «desde luego, Suppe puede acuñar la expresión “la concepción semántica” y elegir

⁵⁹ Véase especialmente Suppe [1989], pp. 10, 19, 20 y 36 (nota 5).

⁶⁰ En *Introducción. Análisis de las teorías*, del presente escrito, se describen otros aspectos más particulares del estructuralismo.

⁶¹ Suppe [1989], p. 4.

como tópicos de investigación los que quiera, pero de acuerdo a como caracteriza la concepción semántica no tiene ninguna base para excluir al estructuralismo, salvo por imposición»⁶².

Finalmente, en Europa también se encuentran otros intentos por analizar las teorías como predicados o estructuras conjuntistas empleando las técnicas semánticas de Tarski. Entre los filósofos de la ciencia que lideran estos estudios son destacables M. L. Dalla Chiara, G. Toraldo di Francia, Marian Przelecki y Ryszard Wójcicki. En esta misma dirección también son destacables los escritos del grupo de Newton da Costa y Steven French.

En síntesis, por una parte tenemos que existe un amplio consenso en cuanto que la principal dificultad que enfrenta el enfoque sintáctico de las teorías científicas radica en lo que decidimos llamar “su dependencia lingüística”: confundir una teoría con su formulación en un lenguaje particular, lo que implica que las teorías son entidades lingüísticas. Por otra parte, la idea principal que defiende el enfoque semántico, enunciada en el eslogan del principio, precisamente se centra en criticar la dependencia lingüística del enfoque sintáctico y en presentar la forma como supera esta deficiencia asimilando una teoría con una entidad no lingüística, con un conjunto de modelos. Esto es, los medios lingüísticos que permiten caracterizar o definir los modelos son secundarios, de modo que lo importante de una teoría, lo que la identifica, es lo que dice sobre el comportamiento de

⁶² Diederich [1996], p. 17.

determinadas parcelas de la realidad, no cómo lo dice. Propongo entonces llamar a esta caracterización de las teorías “concepción semántica estándar” y, además, para sentar más estas ideas presento las siguientes palabras de van Fraassen:

De acuerdo con la concepción semántica, presentar una teoría es presentar una familia de modelos. Esta familia puede describirse de varios modos, mediante enunciados diferentes en lenguajes diferentes, y ninguna formulación lingüística tiene un estatuto privilegiado. Especialmente, no se atribuye ninguna importancia a la axiomatización como tal, e incluso la teoría puede no ser axiomatizable en un sentido no trivial⁶³.

3.3. Concepción de van Fraassen: modelos teóricos y aserciones empíricas

Creo que metodológicamente es más conveniente empezar presentando los elementos de la propuesta de van Fraassen para después seguir con los del estructuralismo puesto que, como se ha insistido desde un comienzo, una de las peculiaridades de la primera propuesta, en contraste con la segunda, es que se concentra casi exclusivamente en los aspectos determinantes de la estructura de las teorías científicas.

Ahora bien, aunque la concepción de van Fraassen trata la estructura simple de las teorías, nos encontramos con la dificultad de que sus planteamientos al respecto normalmente van acompañados de -o son empleados para- la defensa de su empirismo constructivo, una

⁶³ van Fraassen [1989], p. 188.

posición alternativa y opuesta al realismo. Por esto, y para comenzar, a continuación presento lo que considero es la formulación más simple de van Fraassen sobre estrictamente la estructura de las teorías, para después complementarla con otra formulación suya más compleja ya que involucra algunos aspectos relacionados con su empirismo constructivo.

Esta formulación da un paso adelante respecto a la concepción semántica estándar al proponer las hipótesis teóricas como un tipo de elemento adicional a la clase de modelos y corresponde a, en palabras del mismo van Fraassen:

La elegante y sintética formulación de Giere de la concepción semántica: presentar una teoría es definir un cierto tipo (o varios tipos) de sistemas más una o más hipótesis acerca de la relación de ciertos (tipos de) sistemas reales con la(s) clase(s) definida(s). Hablamos entonces de la *definición teórica* y de las *hipótesis teóricas* que conjuntamente constituyen la formulación de la teoría dada⁶⁴.

Así, por ejemplo, tenemos una teoría en miniatura al definir (o caracterizar) el conjunto de sistemas mecánicos newtonianos a través de las conocidas leyes de Newton de la mecánica y afirmar que nuestro sistema solar pertenece a este conjunto. Otra hipótesis teórica podría estar relacionada con la caída de los cuerpos sobre la Tierra y afirmar que cada uno de estos sistemas Tierra-cuerpo pertenece a la clase de sistemas definidos.

⁶⁴ van Fraassen [1989], p. 226. Véase también van Fraassen [1986], pp. 311 y 313. La formulación de Ronald Giere es la siguiente: «entendemos una teoría como constituida por dos elementos: (1) una población de modelos y (2) diversas

En otras palabras (y además con la idea de introducir expresiones un poco más neutrales con miras a emplearlas también cuando hablemos de la concepción estructuralista), la definición teórica proporciona una familia de modelos (de *modelos teóricos*) y una hipótesis teórica (que también podemos llamar *aserción empírica*) afirma que ciertos sistemas reales (*modelos de datos*) tienen determinada relación (identidad, aproximación, subsunción o subsunción aproximativa) con los modelos teóricos. Veamos cada una de estas partes por separado.

Respecto a la noción de modelo cabe sólo destacar por el momento que para van Fraassen un modelo no es más que una estructura o sistema matemática $\langle D, R_i \rangle$ en la que D es un conjunto no vacío, llamado universo, y R_i son una serie de relaciones definidas sobre este universo⁶⁵. Aunque esta noción es especialmente polémica cuando hablamos de modelo teórico, la noción anterior también es aplicable a los modelo de datos; es decir, en un modelo de datos o sistema real se describen determinadas relaciones (observables y/o medibles) entre ciertos objetos reales.

Esto en cuanto a la clarificación de la noción de modelo, pero también es necesario decir algo más sobre la forma de presentar los modelos teóricos. En términos generales, una teoría presenta sus

hipótesis que vinculan estos modelos con sistemas del mundo real». (Giere [1988], p. 85).

⁶⁵ En el capítulo siguiente tendremos la oportunidad de hacer un estudio más profundo sobre ciertos problemas asociados con esta noción y otros temas relacionados, tanto dentro del contexto de la propuesta de van Fraassen como del estructuralismo.

modelos teóricos a través de una relación de caracterización o una definición, pero no hay un acuerdo entre los partidarios del enfoque semántico de las teorías empíricas en cuanto a la forma que la una o la otra deben tomar. Como se dejó ver en el ejemplo anterior de la mecánica newtoniana, las leyes newtonianas de la mecánica conforman una definición o una caracterización de una clase de modelos. Así pues, nos encontramos con que van Fraassen es partidario de definir o caracterizar los modelos a través de espacios-de-estados o, en el lenguaje de los físicos, espacios-de-fase (los cuales son una aplicación de los espacios de Hilbert de las matemáticas); esta perspectiva es especialmente notoria cuando aborda problemas filosóficos de la física⁶⁶. En tanto que, como veremos más adelante, el estructuralismo adopta como forma canónica la de definir los modelos mediante un predicado conjuntista.

¿Qué decir entonces de las aserciones empíricas, el otro tipo de componente de una teoría? Pero antes de hablar directamente de ellas, tenemos que decir primero algunas cosas relacionadas con lo que entiende van Fraassen por un sistema real, lo cual tienen que ver con la aserción empírica de una teoría, y después responder a por qué la necesidad de introducir este elemento adicional a los modelos teóricos.

⁶⁶ En el capítulo siguiente, en el numeral 4.4. *Espacios de estados*, se explican los principales elementos de esta herramienta matemática y se ilustran a través de un caso concreto.

Hay que empezar por resaltar directamente que para van Fraassen un sistema real no es más que, en términos más gráficos y comunes, un fenómeno observable. Este asunto de caracterizar de un modo apropiado y preciso lo que se entiende por fenómeno observable es bastante delicado, objeto actualmente de importantes debates y críticas por parte de quienes rechazan el empirismo constructivo de van Fraassen; por tanto, por el momento sólo vamos a presentar una caracterización general de esta noción y en el capítulo 5, en el numeral 5.2. *Los fenómenos observables*, abordaremos los aspectos más importantes de lo que piensa van Fraassen al respecto.

Para van Fraassen las teorías no son simples instrumentos que nos permiten desenvolvernó en el mundo, sino que estas buscan, de un modo u otro y entre otras cosas, dar razón de la experiencia fenoménica que tenemos del mundo. Y esta experiencia fenoménica, que es muy variada, es la que englobamos bajo la expresión “fenómenos observables”; por tanto, de acuerdo con van Fraassen, el objetivo de las teorías científicas es salvar los fenómenos (*salvar las apariencias*), los cuales desde luego son de por sí observables. Ahora bien, en pocas palabras, los fenómenos observables son, en general, para van Fraassen los procesos y estructuras observables, los cuales específicamente dentro de la actividad científica pueden describirse mediante los informes experimentales y de medición.

Pasando al otro punto que se anunció, vale preguntarnos: ¿por qué es necesario añadir una o más hipótesis teóricas en la individuación de

una teoría empírica? En concreto, porque, por una parte, se tiene como una cuestión dada que los científicos en su mayoría atribuyen (o, en general, podemos atribuir) ciertas propiedades a las teorías que proponen, por ejemplo: ser verdaderas o falsas, creíbles o no creíbles, empíricamente adecuadas o no adecuadas, etc. Es decir, las teorías son objeto de actitudes epistémicas o doxásticas, las cuales se expresan a través de afirmaciones de conocimiento u opinión como las anteriores. Por tanto, la interpretación, en este sentido, de las teorías no es instrumentalista: éstas no sólo dan razón de nuestra experiencia fenoménica sino también, en términos más generales, dicen algo acerca de cómo es el mundo. Por otra parte, es claro que la filosofía de la ciencia, en especial un análisis de las teorías, debería explicar este hecho, las actitudes doxásticas de los científicos hacia las teorías.

Ahora bien, la concepción semántica estándar no da razón de estas actitudes al identificar las teorías con una clase de modelos ya que un modelo, una estructura, no puede ser objeto de una actitud doxástica o, con las palabras de van Fraassen, «una clase no puede ser verdadera o falsa. Así que la teoría tiene al menos que incluir algo más; por ejemplo, una aseveración o un enunciado acerca de esta clase»⁶⁷. Las proposiciones, los conjuntos de proposiciones y, en general, un cuerpo de supuesta información sobre cómo es el mundo son típicos objetos de actitudes epistémicas o doxásticas.

⁶⁷ van Fraassen [1985a], p. 21.

Pero, entonces, ¿qué tipo de entidad es una hipótesis teórica? Las hipótesis no pueden ser entidades lingüísticas como los enunciados o los actos lingüísticos, tales como los actos aseverativos de los enunciados mismos, porque se caería en las mismas dificultades del enfoque sintáctico; de modo que van Fraassen plantea que las hipótesis teóricas tienen que ser proposiciones, las cuales son entidades extralingüísticas. Además, es claro que las proposiciones sólo pueden expresarse o comunicarse a través de enunciados o actos lingüísticos tales como aseveraciones, pero dado que una misma proposición puede expresarse a través de diferentes enunciados o aseveraciones, incluso en diferentes lenguajes, las proposiciones no son objetos lingüísticos. Aún más, como plantea van Fraassen, «lo que se asevera que es verdadero es la proposición y no un trozo de lenguaje que exprese la aseveración»⁶⁸.

En síntesis, las teorías son objeto de actitudes epistémicas o doxásticas por parte de los científicos y esta idea la considera van Fraassen como una de las tesis de su concepción semántica de las teorías, la cual enuncia así: «una teoría es el tipo de cosa que puede ser verdadera o falsa, que puede describir la realidad correcta o incorrectamente y que creemos o no creemos»⁶⁹. Además, precisamente por todo esto también calificamos a las hipótesis teóricas de aserciones (empíricas) y no de enunciados.

⁶⁸ *Ibid.*, p. 22.

⁶⁹ van Fraassen [1989], 192.

Finalmente abordemos en concreto el tema de la aserción empírica de una teoría. Habíamos ya insinuado que una aserción empírica tiene que ver con una relación general entre mundo y teoría, y dijimos concretamente que la forma general de cualquier aserción empírica es la de una relación entre un modelo teórico y un modelo de datos. Esta relación es de tipo estructural, puesto que los dos tipos de modelos son estructuras, de modo que *en principio* la relación podría ser una de las siguientes: isomorfismo y subsunción (y si queremos ser más cautelosos podemos mejor hablar de isomorfismo aproximativo y subsunción aproximativa). De manera más concreta, una aserción empírica o hipótesis teórica plantea que ciertos modelos construidos a partir de los datos de los fenómenos (los sistemas reales) tienen cierta relación con alguna de las subestructuras de los modelos definidos a través de las leyes y, en general, esta relación puede ser de identidad o aproximación.

Para comprender lo que piensa van Fraassen al respecto y sentar mejor algunas de las ideas ya expuestas, a continuación cito lo que podríamos calificar como la primera formulación más completa de su punto de vista sobre la estructura de las teorías científicas y la esencia de su empirismo constructivo:

Presentar una teoría es especificar una familia de estructuras, sus *modelos*; y en segundo lugar, especificar ciertas partes de esos modelos (las *subestructuras empíricas*) como candidatos para la representación directa de los fenómenos observables. Podemos llamar *apariencias* a las estructuras que pueden describirse en los informes experimentales y de medición. La teoría es empíricamente adecuada si tiene algún modelo tal

que todas las apariencias son isomorfas con las subestructuras empíricas de ese modelo⁷⁰

Un primer punto que salta aquí a la vista es que no se dice nada sobre las hipótesis teóricas. Esta cuestión la podemos dejar de lado por ahora, pero será de gran interés más adelante cuando abordemos algunos planteamientos de Pérez Ransanz sobre la concepción de las teorías de van Fraassen.

Por otra parte, la noción nueva e importante aquí es la de adecuación empírica, que contrasta con la de verdad, otra noción también clave. La relación de adecuación empírica es un isomorfismo entre una subestructura empírica (esto es, una subestructura de uno de los modelos teóricos propuestos) y un modelo de datos (una apariencia), en tanto que creer que una teoría es verdadera es creer que uno de los modelos teóricos propuestos es isomorfo con la realidad. Como ya se había insinuado antes, para van Fraassen el objetivo de la actividad científica es proporcionar teorías empíricamente adecuadas y no propiamente teorías verdaderas, que es algo más pretencioso e inviable –según él. Esta tesis constituye el sello distintivo de su empirismo constructivo en contraposición al realismo.

Llegados a este punto es necesario presentar el criterio metodológico que distingue entre consideraciones estructurales y consideraciones epistemológicas con miras a poder delimitar (esto precisamente se hace al final de este numeral y del siguiente) aquellos elementos

⁷⁰ van Fraassen [1980], p. 64.

determinantes en la individuación de las teorías, los cuales parece que, en principio, deben apuntar de manera exclusiva a cuestiones puramente estructurales en el análisis de las teorías.

De manera más concreta y a grandes rasgos, en el análisis de las teorías científicas apuntamos hacia cuestiones puramente estructurales cuando nos ocupamos estrictamente de los elementos principales que componen la estructura de una teoría y a sus relaciones mutuas determinantes. En tanto que abordamos cuestiones epistemológicas cuando proponemos una concepción particular sobre el mundo (o algún aspecto relacionado con él) o, de manera más particular, sobre el objetivo de la ciencia.

Pérez Ransanz y van Fraassen desarrollan distinciones semejantes a la anterior pero con propósitos un tanto diferentes a los presentes; de ahí que a continuación presente cada una de ellas con la idea de darle mayor soporte a mi propuesta. Pérez Ransanz [1985], con el propósito de analizar la concepción de van Fraassen, propone distinguir un aspecto metodológico de un aspecto epistémico en dicha concepción. El aspecto metodológico tiene que ver con lo estructural ya que “consiste en proponer una vía específica de reconstrucción e identificación de teorías”⁷¹ y lo epistemológico “implica una concepción determinada acerca del objetivo de la ciencia”⁷².

⁷¹ Pérez Ransanz [1985], p. 4.

⁷² *Ibid.*

Por su parte van Fraassen establece una distinción semejante a la hora de hablar del objetivo de la ciencia, de precisar el debate entre realismo y empirismo constructivo; así, van Fraassen plantea «distinguir entre dos actitudes epistemológicas que podemos adoptar frente a una teoría. Podemos afirmar que es verdadera (i. e. que tiene un modelo que es una réplica fiel, en todo detalle, del mundo) y pedir que sea creída, o podemos simplemente afirmar su adecuación empírica y pedir que sea aceptada como tal. En los dos casos hacemos una apuesta»⁷³; una apuesta epistemológica, añadiría yo.

Ahora bien, aunque la anterior distinción queda muy bien establecida (tal como lo hicimos) dentro del contexto del enfoque semántico, lo cierto es que el enfoque no se compromete con ninguna de las dos opciones epistemológicas. Es por esto que, de acuerdo con van Fraassen, la concepción semántica es epistemológicamente neutral⁷⁴ respecto al debate realismo-empirismo.

Esta idea, como se dijo, ilustra un tipo de distinción semejante a la que aparece en el criterio metodológico propuesto, pero también lo podemos considerar como una aplicación del criterio metodológico mismo. Esto es, en el proceso de caracterizar la estructura de las teorías científicas hay que mantener la neutralidad epistemológica respecto al debate realismo/empirismo.

⁷³ van Fraassen [1980], p. 69.

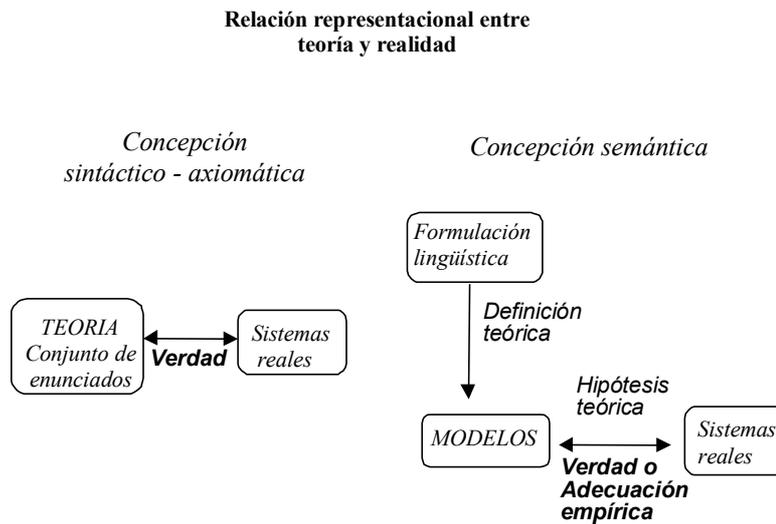
⁷⁴ Véase van Fraassen [1989], pp. 188-193.

En otras palabras, precisando, el enfoque semántico sólo destaca la importancia de este tipo de relación entre la familia de modelos teóricos y ciertos modelos de datos como un elemento clave en la elucidación de la estructura de una teoría empírica, pero la defensa de un tipo particular de relación entre modelos y realidad por encima de otros tipos de relaciones cae fuera del terreno propio del enfoque y se ubica en un dominio enteramente epistemológico.

Volviendo al tema de la verdad, la adecuación empírica y el tipo de empirismo que van Fraassen profesa y sintetizar la ruptura que en este punto se presenta entre los enfoques sintáctico y semántico, a continuación presento un esquema con sus respectivas explicaciones que permite ilustrar mejor la diferencia entre estas dos categorías semánticas. El esquema establece un paralelo entre las concepciones sintáctica y semántica de las teorías en lo que respecta a la relación de representación entre teoría y realidad.

Teniendo presente que la función básica de una categoría semántica es la de establecer una relación entre teoría y mundo, podemos ver en el esquema, a la izquierda, que este tipo de relación se presenta directamente entre enunciados y mundo, es decir, a través de la categoría semántica *verdad*. En tanto que a la derecha, en la concepción semántica, la relación básica es entre un objeto abstracto, un modelo teórico, y un sistema real (un modelo de datos), de modo que además de la verdad entendida como isomorfismo entre un modelo teórico y un modelo de datos, es posible considerar por lo

menos otra categoría semántica como la de *adecuación empírica*. Esta última relación, como decíamos antes, consiste en que un modelo de datos es isomorfo con una subestructura empírica de un modelo teórico.



Con este esquema también es fácil comprender el tipo de empirismo que defiende van Fraassen. Partimos de que podemos adquirir diferentes tipos de compromisos epistémicos respecto a las componentes que nos proporcionan los modelos teóricos, de modo que para el empirista el compromiso es de adecuación empírica entre ciertos sistemas reales y ciertas subestructuras de un modelo teórico, en tanto que el realista está más comprometido con la verdad en el sentido mencionado más arriba: el realista está dispuesto a aceptar

que más allá de la adecuación empírica existen elementos de los modelos teóricos a los cuales corresponde alguna parte de la realidad.

De modo que aún dentro de la concepción semántica se presenta la disputa filosófica entre realismo y empirismo, ya que es posible adquirir diferentes tipos de compromisos ontoepistémicos respecto a las componentes que proporcionan los modelos teóricos. Se renueva así, de esta forma, y entre otras cosas, el debate sobre la realidad de los *no-observables*, pues el realista en algunos casos está dispuesto a comprometerse con entidades de este tipo, mientras que en estas cuestiones un empirista como van Fraassen no va más allá de lo que es “observable”, calificando las reificaciones del realista como pura metafísica.

El empirismo constructivo de van Fraassen y el realismo constructivo de Giere son una clara ilustración de esta disputa en el marco de una concepción semántica de las teorías empíricas. El primero califica de este modo su punto de vista puesto que «concibe la actividad científica más como una construcción que como un descubrimiento: construcción de modelos que deben ser adecuados a los fenómenos, y no descubrimiento de la verdad respecto de lo inobservable»⁷⁵. Mientras R. Giere defiende un realismo constructivo en el que «las hipótesis teóricas son interpretadas como afirmando una semejanza entre un sistema real y algunos aspectos de un modelo, aunque no necesariamente todos. El problema de cuáles aspectos, así como el de

⁷⁵ van Fraassen [1980], p. 20.

por qué no otros, se resuelve caso por caso en base a lo que digan los científicos mismos»⁷⁶.

La conclusión importante es que el enfoque semántico es neutral desde un punto de vista epistemológico, respecto al debate realismo-empirismo. Aún siendo esto así, lo cual es muy importante, considero que existe otro punto en el que hay consideraciones epistemológicas involucradas lo cual es muy importante clarificar teniendo en cuenta nuestro criterio metodológico anteriormente enunciado.

El otro punto en el que intervienen cuestiones epistemológicas tiene que ver con la caracterización de lo que podemos llamar en términos genéricos “la experiencia”, la cual van Fraassen describe en términos observables y, como veremos a continuación, el estructuralismo en función de términos T-no-teóricos. En otras palabras, esto significa caracterizar de una forma u otra los modelos de datos (la experiencia fenoménica) y por tanto, en últimas, arriesgar una propuesta sobre determinado aspecto de la evaluación de las teorías empíricas, cuestiones estas que considero pueden calificarse correctamente de epistemológicas. Las implicaciones de esto último se verán al final del presente escrito.

Para terminar, en qué términos respondería van Fraassen a la pregunta: ¿cuáles son los elementos que permiten identificar una teoría empírica? A la luz de lo estrictamente dicho, considero que

⁷⁶ Giere [1988], p. 97.

diría (y de este modo es como corrientemente se interpreta su postura) que estos elementos son dos: los modelos teóricos y las aserciones empíricas. En este punto mi propuesta es que esto es así si nos atenemos únicamente a la letra, ya que me parece que hay un tercer elemento implícitamente presente en la caracterización de van Fraassen, pero que ha estado explícitamente presente en toda esta discusión: los modelos de datos. Los modelos de datos están implícitos al proponer que una aserción empírica es un segundo elemento de identidad y al caracterizarla como una relación entre un modelo teórico y un modelo de datos. Por tanto, y esta es mi propuesta, sería más adecuado identificar las teorías empíricas a través de tres elementos clave: los modelos teóricos, los modelos de datos y las aserciones empíricas.

Me parece que A. R. Pérez Ransanz no estaría de acuerdo con esta lectura mía de la concepción de van Fraassen en la que planteo que dicha concepción es *compatible* con introducir los modelos de datos (los fenómenos observables) como un tercer elemento de la identidad de una teoría. Esto porque Pérez Ransanz plantea que «según van Fraassen el tipo de fenómenos que la teoría *pretende* subsumir bajo sus modelos, *no* forma parte constitutiva de la teoría»⁷⁷. Esta idea la obtiene del análisis que realiza van Fraassen de los logros no esperados y al final del cual éste se pregunta y responde:

Esto indica que la pretensión de qué tipos de fenómenos han de subsumirse en qué tipos de subestructuras empíricas se vuelve parte de la teoría. No creo que esto sea necesario. Los logros no esperados desaparecen cuando miramos partes observables más grandes del mundo; digamos, cuando

⁷⁷ Pérez Ransanz [1985], p. 12.

miramos simultáneamente la óptica y la mecánica de las fuentes luminosas en movimiento⁷⁸.

Para principiar creo que la interpretación que hace Pérez Ransanz de estos pasajes de van Fraassen es correcta y por tanto concluyo que esta afirmación de van Fraassen se debe a que sostiene una concepción semántica estándar de las teorías en la que una teoría empírica se identifica con su clase de estructuras. Esta conclusión parece extraña, pues no es acorde con lo que venimos diciendo sobre la propuesta de van Fraassen, especialmente con su idea de que proponer una teoría es proponer un conjunto de estructuras y varias hipótesis. Pero parece que esta conclusión es correcta ya que el mismo van Fraassen presenta este análisis de los logros no esperados y su ilustración de las condiciones de unicidad y universalidad⁷⁹ como dos casos de aplicación exitosa de la concepción estándar de Suppes. Esto también lo reconoce Pérez Ransanz pues a continuación de lo anterior dice: «van Fraassen, al igual que Suppes, parece creer que la estructura de una teoría empírica, en tanto teoría, no es esencialmente diferente de la estructura de una teoría de la matemática pura»⁸⁰.

Así que nos encontramos con un cambio importante en el punto de vista de van Fraassen sobre las teorías empíricas. Este cambio consiste en introducir las hipótesis teóricas como una componente más -adicional a la clase de modelos- de las teorías científicas. De

⁷⁸ van Fraassen [1980], p. 66.

⁷⁹ Para una presentación detallada de estas dos condiciones véase el siguiente numeral, 3.4. *Condiciones de unicidad y universalidad de van Fraassen*.

⁸⁰ Pérez Ransanz [1985], p. 12.

acuerdo con mi documentación, esto sucedía entre la publicación *The Scientific Image* (1980) y la respuesta de van Fraassen [1985] al escrito *El concepto de teoría empírica según van Fraassen* (1985) de Pérez Ransanz. Por tanto, considero que lo que podríamos calificar como objeción de Pérez Ransanz no afecta a mi idea de que introducir los modelos de datos como un tercer elemento de la identidad de una teoría es relativamente compatible con los planteamientos de van Fraassen, ya que aquí nos referíamos concretamente a los planteamientos después del cambio.

Aún más, creo que las siguientes palabras de van Fraassen, que pertenecen a su respuesta de 1985, dan más peso a la tesis que estoy proponiendo: «está claro que en la hipótesis teórica se identifican o por lo menos se mencionan ciertas partes específicas del mundo, y que esto puede ser diferente para dos teorías, incluso si la definición teórica es la misma»⁸¹. En escritos suyos más recientes encontramos ejemplos de este tipo que buscan ilustrar “el carácter intencional de la representación”, de acuerdo con la concepción representacional que presupone el enfoque semántico; el ejemplo es éste:

La misma curva exponencial podría ser la curva de dos modelos de datos, uno el crecimiento de una población de bacterias y el otro el decaimiento radioactivo. Pero los datos extraídos de una muestra de radio no son relevantes para una teoría acerca de las bacterias. Simplemente es irrelevante que un modelo de datos obtenido en el estudio de la radioactividad esté por consiguiente estructuralmente relacionado con un modelo de población de bacterias, incluso si en este respecto no hay diferencias con lo que encontramos en los experimentos bacteriológicos⁸².

⁸¹ van Fraassen [1985a], p. 27.

⁸² van Fraassen [1997], p. 524.

De modo que en algún sentido una teoría delimita el tipo de fenómenos que pretende subsumir en sus modelos teóricos. Aunque es claro que esta delimitación no se hace por medio de estipulaciones formales o cosas semejantes sino principalmente a través de “los parámetros relevantes de la teoría”. Estos parámetros tienen que ver, en términos del ejemplo anterior, en un caso con bacterias y su comportamiento, y en el otro con elementos radioactivos y su comportamiento. En términos más generales: «los modelos en la ciencia –plantea van Fraassen- son usados para representar la naturaleza, usados por nosotros, y entre los muchos modos posibles de usarlos, el modo actual es muy importante y fija la relación relevante entre el modelo y la naturaleza –esto es, relevante tanto para la evaluación como para la aplicación de la teoría»⁸³.

Ahora bien, con la propuesta que estoy haciendo se quiere dar un paso adelante ya que, para el caso, lo que se está planteando es que la mejor forma de explicitar este tipo de delimitación borrosa es incluyendo el conjunto de fenómenos en la teoría. Esta es una idea que defiende bastante bien el estructuralismo, aunque también hay cierta diferencia con lo que yo estoy planteando, como veremos a continuación. Dicho de otro modo, considero que la concepción estructuralista también respalda la tesis que aquí se está defendiendo aunque, hay que decirlo, no de manera explícita sino de una forma muy semejante a como vimos lo hace la concepción de van Fraassen.

⁸³ van Fraassen [1997], p. 523.

3.4. Estructuralismo: núcleo teórico y aplicaciones intencionales

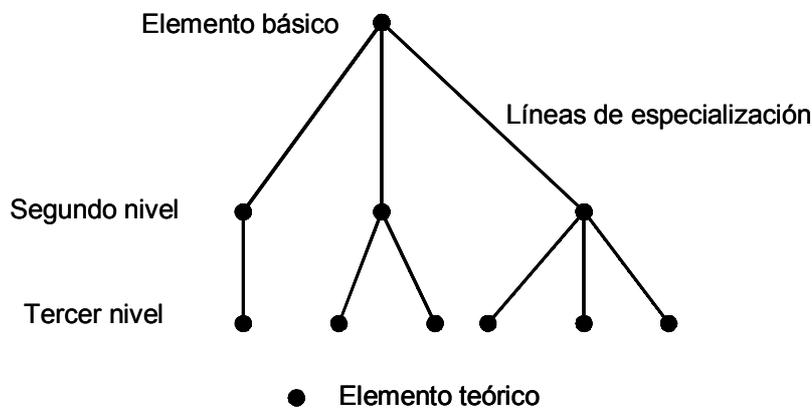
Con la intención de hacerle parcialmente justicia a la propuesta estructuralista en lo que tiene que ver con el análisis detallado y profundo que encierra, y a sabiendas de que aquí dicho análisis no va a tenerse en cuenta en toda su complejidad sino en lo que hemos calificado como la estructura simple de las teorías científicas, a continuación presento lo que considero la mejor caracterización, en forma sucinta, que hace el estructuralismo de la noción de teoría:

La clase más simple de estructuras que podemos emplear para decir algo acerca del mundo es una estructura compuesta de un núcleo K y su correspondiente dominio de aplicaciones intencionales I . El par $\langle K, I \rangle$ es lo que llamamos *elemento teórico*. Sin embargo, un elemento teórico sólo representa el caso más simple. A lo que la gente comúnmente llama “teorías científicas” son entidades más complejas. Estas consisten en una disposición de elementos teóricos que se encuentran jerárquicamente organizados por un tipo particular de relaciones interteóricas llamadas *especializaciones*. Y a la disposición total se le llama red teórica. Una red teórica es esencialmente un conjunto parcialmente ordenado de elementos teóricos con un elemento básico en la “cima” desde el cual se origina el resto de elementos teóricos a través de un proceso de sucesivas restricciones (limitaciones y vínculos) en la clase de modelos actuales y en el dominio de aplicaciones intencionales. Lo que da unidad a la red teórica es el elemento básico⁸⁴.

En el libro de Moulines *Exploraciones metacientíficas*, numeral 2.5 *La red teórica de la mecánica clásica*, se encuentra un estudio completo de un caso concreto de un núcleo teórico: la mecánica clásica de partículas. A continuación describo las principales componentes de la red teórica de la mecánica clásica con el objeto de ilustrar lo que se plantea en la cita anterior. Esta red es una red

⁸⁴ Moulines [2002], p. 8.

arbórea en el sentido que la estructura de sus diferentes elementos semeja la estructura de un árbol invertido.



Cada nudo de la red representa un elemento teórico y las distintas bifurcaciones (líneas o ramas) a partir de un nudo representan especializaciones respecto al elemento teórico representado por el respectivo nudo. El nudo de la parte superior es el elemento teórico principal de la red y los otros nudos son especializaciones de los elementos teóricos que se encuentran por encima de cada uno de ellos en la red. Se dice, por ejemplo, que el elemento teórico $T_e = \langle K_e, I_e \rangle$ es una especialización del elemento teórico $T = \langle K, I \rangle$ debido a que el núcleo K_e se obtiene por ulteriores restricciones sobre el núcleo K o, en otras palabras, por añadir nuevas leyes empíricas al núcleo K .

La red teórica de la mecánica clásica de partículas tiene como “elemento básico” un elemento teórico cuya única ley es la segunda ley de Newton. En el segundo nivel tenemos el primer grupo de

especializaciones de la mecánica clásica, cuyos respectivos elementos teóricos contienen restricciones adicionales a esta segunda ley. Estas restricciones equivalen en últimas a especificar distintos tipos de fuerza, de modo que entre estas especializaciones vale destacar: fuerzas de acción-reacción, fuerzas dependientes de la distancia, fuerzas dependientes de la velocidad y fuerzas dependientes del tiempo. Esto es, la especialización *fuerzas de acción-reacción* es el resultado de añadir la tercera ley de Newton, la ley de acción-reacción, al elemento básico; la especialización *fuerzas dependientes de la distancia* se logra imponiendo la restricción de que las fuerzas de la segunda ley de Newton sean dependientes de la distancia, y así sucesivamente. En el tercer nivel, para la rama de especialización *fuerzas dependientes de la distancia* encontramos, por ejemplo, dos subramas: una con la restricción adicional para fuerzas que dependen directamente de la distancia y otra para fuerzas que dependen inversamente de la distancia. Y así de este modo, hasta encontrar sucesivas subramas con elementos teóricos con mayor número de restricciones específicas, como la ley de gravitación o la ley del péndulo simple, etc.

Esto era principalmente para ilustrar la complejidad que encierra el análisis estructuralista de las teorías y el cual, en lo que sigue, sólo tendremos en cuenta en sus rasgos más esenciales. En el presente estudio sólo tendremos en cuenta la noción de elemento teórico puesto que aquí, nuevamente, únicamente estamos interesados en clarificar los aspectos determinantes en la identidad de una teoría y

además, como bien puede apreciarse en la cita, esta es la noción clave en el análisis estructuralista. Esta noción es básica en dos sentidos: de ella dependen otras nociones importantes introducidas por los estructuralistas en el análisis de las teorías y, en dicho análisis, un elemento teórico es la unidad más pequeña que de por sí proporciona información sobre el mundo.

Ahora bien, de acuerdo con los estructuralistas, el núcleo (teórico) K es la parte formal del elemento teórico $T = \langle K, I \rangle$ (o teoría, para el presente estudio) y el campo de aplicaciones intencionales I es la parte aplicativa de T . A grandes rasgos, se habla de parte formal porque el núcleo contiene diferentes elementos conceptuales y las leyes que rigen su objeto de estudio, y de parte aplicativa porque, como su nombre lo indica, los sistemas reales, empíricos, a los cuales se pretende aplicar las leyes de la teoría pertenecen al conjunto de aplicaciones intencionales.

Este primer tipo de distinción entre K e I es importante porque si bien parece que al presentar un elemento teórico como $T = \langle K, I \rangle$ se utiliza un simbolismo formal, esto estrictamente hablando es en apariencia, ya que I es un elemento que, como veremos, no puede delimitarse por medios puramente formales, lo cual contrasta efectivamente con los métodos *semiformales* de la teoría de conjuntos que se emplean para caracterizar a K .

Para ilustrar esta primera e importante distinción entre estas dos partes de una teoría empírica volvamos al ejemplo de la teoría en miniatura de la mecánica newtoniana propuesto más arriba y en los términos que lo tratamos cuando expusimos la concepción de van Fraassen. Por una parte tenemos que el núcleo teórico está relacionado con la definición a través de las conocidas leyes de Newton de la mecánica y, hablando estrictamente, equivale al conjunto de sistemas mecánicos newtonianos determinados por dicha definición; y, por otra parte, nuestro sistema solar y cada uno de los sistemas Tierra-cuerpo (que ilustran la caída de los cuerpos) son, en sentido estricto, aplicaciones intencionales de la mecánica newtoniana, es decir, cada uno de estos sistemas pertenece al conjunto I.

Por tanto, esta pequeña ilustración nos permite establecer, *grosso modo*, el siguiente paralelo entre los términos estructuralistas y la terminología que venimos utilizando: “núcleo teórico” con “conjunto de modelos teóricos” y “aplicación intencional” con “modelo de datos”. La cuestión interesante que surge es la de si podemos establecer las correspondientes equivalencias. Como veremos en lo que sigue, la primera equivalencia no es problemática mientras que la segunda sí lo es. La última equivalencia es problemática en la medida en que considero que hay por lo menos una discrepancia importante a este respecto entre el estructuralismo y la concepción de van Fraassen. Discrepancia que no es meramente terminológica -ya que ambos puntos de vista estarían de acuerdo en hablar indistintamente

de modelos de datos o aplicaciones intencionales- sino de contenido, ya que la caracterización general de lo que es un modelo de datos (o una aplicación intencional) difiere de una concepción a otra: mientras van Fraassen hace la caracterización en términos de “observables”, los estructuralistas la hacen en función de “términos T-no-teóricos”.

Veamos la primera equivalencia. La cuestión tiene que ver con cómo presenta el estructuralismo el conjunto de modelos teóricos (el núcleo teórico); y ya habíamos adelantado que lo hacía a través de una definición en términos de un predicado conjuntista. Más concretamente, «el método particular –dice Moulines- que permite hacer esto fue popularizado por Patrick Suppes como axiomatización por medio de la definición de un predicado conjuntista. Este método consiste en definir, dentro de la teoría de conjuntos, un predicado de “segundo orden” que sintetiza las correspondientes condiciones axiomáticas»⁸⁵ y la forma canónica de la definición es: “x es un modelo de la teoría ... $\text{syss}_{\text{def}} \varphi(x)$ ”, donde φ expresa principalmente las leyes de la teoría”.

Aún más, si bien existe una diferencia importante entre estas dos versiones del enfoque semántico -la de van Fraassen y la estructuralista- en cuanto a la forma de presentar los modelos teóricos de una teoría, ya que la primera lo hace describiéndolos mediante un espacio de estados y la segunda mediante el instrumental de la teoría de conjuntos, lo cierto es que esta no se considera importante porque

en últimas tenemos dos formas distintas de describir las mismas estructuras. En este punto comparto el punto de vista de F. Suppe, cuando dice:

Una cuestión digna de investigarse es cuán significativa son estas diferencias; mi conjetura es que estas reflejan más las preferencias matemáticas de los autores o decisiones sobre qué enfoque matemático es el más indicado para progresar en otros problemas filosóficos en los que el autor está interesado y no desacuerdos filosófico significativos entre ellos⁸⁶.

En síntesis, por el momento sólo cabe subrayar que de acuerdo con el estructuralismo un núcleo teórico es una estructura matemática, en el sentido en que se definió más arriba; aunque ciertas afirmaciones de los estructuralistas dan a entender que un núcleo teórico puede entenderse como un modelo en el sentido de la semántica formal. Este último tipo de precisiones y ciertos problemas relacionados con ellos, serán tratados en el capítulo 4, numeral 4.5. *Noción de modelo y equivalencia de los enfoques sintáctico y semántico*.

Pasemos ahora a la noción de aplicación pretendida o intencional (*intended application*). Para comenzar: ¿por qué la concepción estructuralista introduce las aplicaciones intencionales como un elemento más en la identidad de las teorías? Se mencionan varias razones, pero ninguna de ellas tiene que ver directamente con la cuestión de la posibilidad de aplicar la noción de verdad a las teorías empíricas, como en el caso de van Fraassen. De cualquier manera, valga decir, en el estructuralismo también se aborda y resuelve esta

⁸⁵ Moulines [2002], p. 6. En el siguiente capítulo, numeral 4.3. *Definición de un predicado conjuntista*, se amplía más este tema y se presentan algunas ilustraciones.

cuestión pero en otros términos (tal como veremos más adelante), de modo que no cabe decir que el estructuralismo cae en el instrumentalismo.

En concreto, si identificamos una teoría empírica con únicamente un núcleo teórico, con un conjunto de estructuras descritas en términos puramente formales, no podríamos en principio diferenciar esta teoría de una teoría matemática pura. Por tanto, la teoría debe contener algo más (un conjunto de aplicaciones intencionales) que haga referencia al mundo o, más precisamente, al dominio al cual se pretende aplicar, el cual sólo puede describirse en términos informales.

La inclusión del conjunto de aplicaciones intencionales dentro de los elementos de identidad de una teoría, puede ilustrarse mediante el siguiente ejemplo de Moulines que es bastante gráfico: «podemos saber muchas cosas acerca de la estructura de un martillo, pero si no sabemos que puede servir para clavar clavos, no tendremos una comprensión cabal de lo que *es* un martillo; al *concepto* de martillo pertenece, entre otras cosas, el que se use para clavar clavos»⁸⁷. De modo que el sólo contar con una familia de modelos (un núcleo teórico) no es suficiente para cubrir una de las expectativas más importantes de la actividad científica: *conocer el mundo natural*.

El estructuralismo también estaría de acuerdo con que las teorías empíricas buscan, de un modo u otro y entre otras cosas, dar razón de

⁸⁶ Suppe [1989], p. 420.

la experiencia fenoménica que tenemos del mundo. Puesto que esta idea es muy importante en la tesis principal que se quiere defender, con el deseo de resaltarla veamos cómo Moulines mismo habla de la experiencia y su relación con las aplicaciones intencionales:

Lo esencial de una teoría *empírica* consiste precisamente en el hecho de que sus principios tienen que aplicarse supuestamente a los fenómenos, que son “externos” a estos, de un modo tal que sea posible hacer explicaciones, predicciones y aplicaciones tecnológicas. A este “mundo exterior”, el estructuralismo lo llama “*el dominio de aplicaciones intencionales*”: este es el campo de fenómenos a los que la gente, a través de la teoría, pretende aplicar sus conceptos y leyes⁸⁸.

Pero con lo que no estaría de acuerdo el estructuralismo, digámoslo de una vez, es con calificar los fenómenos de “observables”, en un sentido claro e interesante, filosóficamente hablando. Lo importante por el momento es que el estructuralismo también habla en términos de “experiencia fenoménica”, “fenómenos” y “datos” -expresiones todas ellas que, para el presente caso, podemos considerar equivalentes- y además plantea que «las aplicaciones intencionales representan los fenómenos con los que una teoría trata»⁸⁹, pero no caracteriza las experiencias fenoménicas en función de “observables” (como hace van Fraassen) sino más bien, como ya adelantábamos, en función de “términos T-no-teóricos”. Veamos esto más detenidamente.

De acuerdo con el estructuralismo, las principales peculiaridades de las aplicaciones intencionales tienen que ver con: cómo concebir

⁸⁷ Moulines [1991], p. 279.

⁸⁸ Moulines [1996], p.8.

⁸⁹ Balzer, Moulines y Sneed [1987], p. 86.

(describir, conceptualizar) una aplicación intencional dentro de una teoría dada y cuál es la extensión del conjunto de aplicaciones intencionales⁹⁰. A la segunda cuestión el estructuralismo responde que realmente dicha extensión no puede fijarse de un modo preciso ya que en su determinación intervienen no sólo medios formales (semánticos) sino también consideraciones pragmáticas y diacrónicas. Esto último porque las aplicaciones no pueden desligarse de los usuarios de las teorías, especialmente de las comunidades científicas, y de ciertos factores históricos⁹¹.

Creo que esta última conclusión me permite hacer una aclaración sobre determinado aspecto puntual del principal tema de estudio de esta investigación, la individuación de las teorías científicas, el cual de algún modo ha estado todo el tiempo implícito pero que igualmente vale la pena enunciar en forma directa. En la introducción general y al inicio del capítulo dije que el problema de la individuación de las teorías tenía que ver con “determinar los elementos clave en la identificación de una teoría”. Así que aquí no se trata de encontrar la esencia de una teoría o algo así por el estilo, sino simplemente de ubicar ciertas características de las mismas que podríamos considerar como invariantes.

Aún así nos encontramos con dos tipos de ambigüedades a la hora de pretender identificar una teoría: una tiene que ver con el tipo de elementos que nos permiten identificarla y la otra con, una vez

⁹⁰ Moulines [1991a], p. 319.

elegido un elemento, la imposibilidad de determinarlo en una forma exhaustiva. El primer tipo de ambigüedad lo describe bastante bien Moulines:

Las teorías científicas son entidades de tipo genidéntico (son cosas que cambian continuamente), pero de ello no podemos inferir que es imposible identificarlas o distinguir un espécimen de otro del mismo tipo... Las teorías científicas son cosas dadas empíricamente y, al igual que tantas otras cosas dadas empíricamente en este mundo no demasiado platónico, hay que admitir cierto grado de vaguedad o de traslape en su determinación⁹²;

El segundo tipo de ambigüedad aparece tanto en la determinación de los modelos teóricos como en la de las aserciones empíricas y los modelos de datos. La ambigüedad en los modelos de datos (en las aplicaciones intencionales) es la que acabamos de comentar, respecto a las otras Giere plantea: «la teoría científica resulta no ser una entidad definida. Es decir, que no hay condiciones necesarias y suficientes que determinan qué modelos o qué hipótesis son parte de la teoría»⁹³

En cuanto a la primera cuestión planteada más arriba, cómo concebir las aplicaciones intencionales, tenemos que una aplicación no está dada independientemente de una conceptualización, sino que su descripción se da mediante un aparato conceptual. Esto es, el dominio de aplicaciones intencionales «no es ni “realidad pura” ni “pura experiencia” –signifiquen lo que signifiquen estas expresiones»⁹⁴,

⁹¹ Véase Moulines [1991b], p. 282.

⁹² Moulines [1991b], p. 216.

⁹³ Giere [1988], p. 86.

⁹⁴ Moulines [1996], p.8.

sino que una aplicación intencional se determina conceptualmente mediante -en terminología estructuralista- “el aparato conceptual de la teoría” y mediante conceptos ya disponibles, los cuales son externos a la teoría en cuestión.

Esto es, de acuerdo con el estructuralismo, los conceptos empleados por una teoría T pueden dividirse en conceptos teóricos y no-teóricos, no en sentido absoluto sino en relación a T; esto es, T tiene conceptos T-teóricos y conceptos T-no-teóricos. Los primeros son conceptos introducidos específicamente por T, de modo que su significado viene determinado exclusivamente por T; y los segundos son conceptos no específicos (esta terminología es del estructuralismo) de T y su significado está completamente determinado por teorías previas a, y subyacentes a, T. Así que, de manera más precisa, no sólo se mantiene que, dada una teoría $T = \langle K, I \rangle$, los elementos de I han de concebirse en términos de la estructura conceptual de K, es decir, en términos de las caracterizaciones o tipificaciones de los axiomas “impropios”, sino además se plantea que tienen que describirse mediante conceptos T-no-teóricos.

Un tercer punto sobre las aplicaciones intencionales. Entiendo que el campo de aplicaciones intencionales de una teoría T es parte importante de la “base empírica” de T. Esto porque, de acuerdo con los estructuralistas, la base empírica es «un cuerpo de conceptos por medio del cual la teoría puede ser controlada o por medio del cual podemos averiguar cuándo la teoría funciona correctamente y cuándo

no»⁹⁵ y además, como ya vimos, el dominio I se determina mediante términos T-no-teóricos. En síntesis, las aplicaciones intencionales de una teoría tienen un papel importante en la evaluación empírica de la misma.

Esto último se observa muy bien si nos fijamos en la forma que la concepción estructuralista da a la aserción empírica de una teoría; así, por ejemplo, Moulines plantea que, para una teoría $T = \langle K, I \rangle$ dada, «la aserción empírica de la teoría es el siguiente enunciado global: el dominio de aplicaciones intencionales I puede subsumirse en K»⁹⁶; esto es, que los principios de la teoría pueden aplicarse correctamente a los sistemas empíricos descritos en I. Esto último es muy importante porque aquí no sólo constatamos que I conforma la base de contrastación de T sino que también nos encontramos con un nuevo elemento en juego (la aserción empírica) que tiende un puente entre I y K, siendo esta la forma como los estructuralistas recuperan las actitudes doxásticas de los científicos. De esta manera y en estos términos, el estructuralismo sería incompatible con una interpretación instrumentalista de las teorías científicas.

Podemos decir que la concepción estructuralista de las teorías es epistemológicamente neutral respecto al debate realismo-antirrealismo, tal y como lo formulamos en el numeral anterior y en los términos de van Fraassen. Es neutral en el sentido que sus planteamientos no abogan por una interpretación realista o empirista

⁹⁵ Balzer, Moulines y Sneed [1987], p. 48.

de las teorías. Dicho debate queda abierto aquí. Pero aún siendo esto así, considero que hay un sentido en que no es neutral epistemológicamente, el mismo sentido en que la concepción de van Fraassen no lo es. Esto porque, como ya había adelantado, la distinción de van Fraassen observable/inobservable y la de la concepción estructuralista T-no-teórico/T-teórico son distinciones que caracterizan de una forma u otra los modelos de datos (la experiencia fenoménica) y por tanto, en últimas, arriesgan una propuesta sobre determinado aspecto de la evaluación de las teorías empíricas, cuestiones estas que considero pueden calificarse correctamente de epistemológicas.

¿Cuál de estas dos perspectivas es la más adecuada a la hora de caracterizar los fenómenos, los modelos de datos? ¿Qué otras alternativas se tienen al respecto y qué tan apropiadas son? Estas preguntas quedan aquí abiertas en la medida en que arriesgar una respuesta involucra muchos más elementos y argumentos de los hasta ahora presentados.

Para terminar, en qué términos responde la concepción estructuralista la pregunta: ¿cuáles son los elementos que permiten identificar una teoría empírica? En estos: «el estructuralismo dice que aunque conozcáis K, y por tanto podáis identificar la teoría, no conocéis todo lo que hay conocer acerca de esta como teoría *empírica*, a menos que también conozcáis, hasta cierto punto, cómo se presentan las

⁹⁶ Moulines [2002], p. 8.

aplicaciones intencionales de K »⁹⁷. Para comenzar, la presente respuesta no es la misma que da van Fraassen. Podemos estar de acuerdo en que las dos versiones coinciden en que la clase de modelos teóricos es uno de los dos elementos de identidad de una teoría científica y también en que discrepan en cuanto al segundo elemento: para van Fraassen es el conjunto de aserciones empíricas y para la concepción estructuralista el conjunto de aplicaciones intencionales.

Por otra parte, en este punto me parece interesante presentar lo que opina A. R. Pérez Ransanz al respecto, ya que llega a un resultado semejante al anterior, pero a partir del cual concluye algo que no comparto:

A mi juicio, la propuesta estructuralista ofrece las siguientes ventajas frente a la propuesta de van Fraassen. La inclusión de la aserción empírica en la identidad de una teoría –como hace van Fraassen siguiendo a Ronald Giere– nos deja con un compuesto antológicamente híbrido. Esto es, con un compuesto donde ciertos elementos no son candidatos a tener un valor de verdad, los modelos, mientras que otros sí lo son, las “hipótesis teóricas”. Por tanto, resulta más limpio, desde un punto de vista ontológico, identificar las teorías con entidades que sean todas de la misma naturaleza⁹⁸

Mi objeción es que estas diferencias que se aprecian a primera vista, y que Pérez Ransanz describe bastante bien, son simplemente cuestión de presentación, de forma, más no de contenido. Esto porque al final del numeral anterior mostré que en la propuesta de van Fraassen realmente son tres los elementos en juego y porque, si bien es cierto que en la caracterización que hace la concepción estructuralista son

⁹⁷ Moulines [1991a], p. 319.

dos los elementos presentes en forma explícita, me parece que hay un tercer elemento implícito en dicha caracterización, el cual se hizo explícito al final de la presentación de la concepción estructuralista: la aserción empírica de la teoría. El conjunto de aserciones está implícito al proponer, por una parte, las aplicaciones intencionales como una segunda componente de las teorías y al plantear, por otra parte, que estas están de algún modo vinculadas con el núcleo teórico. Más exactamente, al plantear que las aplicaciones tienen que estar descritas en términos del aparato conceptual de la teoría y mediante conceptos T-no-teóricos.

Aún más, considero que Diederich, otro filósofo de la ciencia que ha realizado estudios comparativos de estas dos concepciones, compartiría esta idea que estoy proponiendo sobre la importancia de la aserción empírica dentro la concepción estructuralista y que considero Pérez Ransanz no le da la importancia que merece en la identidad de una teoría dentro del estructuralismo. Diederich dice: que las dos concepciones

[Las dos concepciones] comparten la forma lógica que toma la aserción asociada con una teoría, la forma de un *enunciado existencial*. En el caso de van Fraassen, una teoría asevera sobre un fenómeno dado que es (isomorfo con) una subestructura de uno de los modelos de la teoría, y también asevera que todos los fenómenos relevantes encajan en uno y el mismo modelo. De acuerdo con la concepción estructuralista, la forma básica de la aserción de una teoría es que una estructura no-teórica (un modelo potencial parcial de la teoría) se puede expandir a un modelo completo de la teoría y que conjuntamente todas las "aplicaciones intencionales" también satisfacen ciertas restricciones⁹⁹

⁹⁸ Pérez Ransanz [2000], p. 113.

⁹⁹ Diederich [1996], p. 18.

Aquí se pone de relieve que las dos concepciones no sólo admiten la importancia de la aserción empírica en una teoría empírica, sino que también coinciden en la forma lógica que esta tiene, el tipo de relación estructural entre (en términos neutrales) modelos de datos y modelos teóricos. Aspecto este último que me parece Pérez Ransanz tampoco tiene en cuenta. Además de las similitudes anteriores, existe otra digna de destacarse: la condición de unicidad; sobre la que profundizaremos en el siguiente numeral.

Por tanto, reitero que sería más adecuado identificar las teorías empíricas a través de tres elementos: los modelos teóricos, los modelos de datos y las aserciones empíricas. El argumento principal que sustenta esta tesis es bastante sencillo porque en líneas generales plantea que la tesis es simplemente una síntesis de lo que dicen al respecto las concepciones estructuralista y la de van Fraassen, las cuales se consideran relativamente correctas. La tesis es una síntesis que recoge el punto donde ambas concepciones se refuerzan (la importancia de los modelos teóricos en la identidad de una teoría) y aquellos donde se complementan (la importancia de las aserciones empíricas, de acuerdo con van Fraassen, y la importancia de los modelos de datos en la identidad de una teoría, de acuerdo con los estructuralistas).

En resumen, la tesis que se defiende es que dentro del enfoque semántico de las teorías los elementos determinantes en la individuación de una teoría son la clase propuesta de modelos

teóricos, los modelos de datos y la aserción empírica. Pero con las siguientes importantes salvedades.

(1) Un modelo es básicamente una estructura, de modo que la noción de modelo no equivale a la noción semántica, entendida en sentido estricto, como debe ser.

(2) Los modelos de datos corresponden a una modelización de la experiencia, a una descripción estructural de la misma, pero parece ser que (de manera contraria a lo que sugiere el criterio metodológico introducido) un análisis estructural de las teorías ha de comprometerse con una forma específica de caracterizar los modelos de datos.

(3) Respecto a la aserción empírica se defiende algo contrario a lo anterior: la forma general de una aserción empírica consiste en que relaciona un modelo de datos con un conjunto de modelos teóricos, pero un análisis estructural de las teorías no se compromete con una forma particular de dicha relación, ya sea de identidad o subsunción u otra.

Todas estas condiciones básicamente plantean que la caracterización propuesta de las teorías científicas es neutral epistemológicamente, en los dos sentidos tratados en el presente estudio; es decir, los tres elementos mencionados quedan caracterizados únicamente en

términos estructurales, sin contener compromiso epistemológico alguno.

Tres cosas en concreto se hicieron en este capítulo: enunciar la tesis principal que se defiende, sentar la plausibilidad de la misma en todos sus detalles y sustentarla parcialmente argumentando a favor de algunas de las ideas o tesis que la componen. De modo que la sustentación (que a veces quedó insinuada en este capítulo) de las ideas restantes se hará en los siguientes dos capítulos que, en consecuencia, tienen como tarea principal fijar aún más la tesis principal, darle mayor peso. Las ideas restantes tienen que ver básicamente con las tres salvedades importantes mencionadas anteriormente. Esto es: qué se entiende por modelo cuando se habla de modelo teórico y modelo de datos, pero especialmente del primero, lo cual será tratado en el siguiente capítulo; y precisar ciertas implicaciones relacionadas con la forma diferente como el estructuralismo y van Fraassen caracterizan los fenómenos, que será abordado en el último capítulo.

3.5. Condiciones de unicidad y universalidad de van Fraassen

Recordemos que la noción de adecuación empírica de van Fraassen dice que “una teoría es empíricamente adecuada si tiene un modelo en el que todos los fenómenos observables son isomorfos con las

subestructuras empíricas de ese modelo” o, de manera más completa y con sus propias palabras:

Una teoría es empíricamente adecuada precisamente si lo que dice acerca de las cosas y sucesos observables en este mundo es verdadero; si ella “salva los fenómenos”. Un poco más exactamente: tal teoría tiene por lo menos un modelo en el cual todos los fenómenos reales encajan. Debo hacer énfasis en que esto se refiere a *todos* los fenómenos; éstos no se agotan con los realmente observados, ni tampoco con aquellos observados en algún momento, ya sea pasado, presente o futuro¹⁰⁰.

Aquí, como puede verse, aparecen dos condiciones: la de unicidad¹⁰¹ que plantea la existencia de *un único modelo teórico* bajo el cual han de subsumirse los fenómenos y la de universalidad que plantea que *todos los fenómenos observables* han de subsumirse en un modelo. Aunque estas dos condiciones se plantean para la adecuación empírica de una teoría, estas también pueden darse en general dentro de las distintas relaciones posibles entre modelos teóricos y modelos de datos, y es precisamente por esto que las discutiremos a continuación.

El caso de la verdad es el caso más claro en el que se comprueba el cumplimiento de estas dos condiciones. Decíamos que una teoría es verdadera si entre los distintos modelos teóricos propuestos existe

¹⁰⁰ Véase van Fraassen [1980], p. 64. De manera más concreta: «cuando Newton atribuye a su teoría adecuación empírica, está sosteniendo que su teoría tiene algún modelo tal que *todas las apariencias reales pueden identificarse (son isomorfas) con movimientos* en ese modelo. (Esto se refiere por supuesto a todas las apariencias reales a lo largo de la historia del universo sean o no observadas)» (van Fraassen [1980], p. 45. la cursiva no es mía).

¹⁰¹ El estudio de la condición de unicidad dentro de la concepción de van Fraassen y el estructuralismo me fue sugerido por Diederich [1996] y precisamente de allí retomo la expresión “condición de unicidad”. Esto no es el caso con el estudio de la condición de universalidad.

uno que es isomorfo con el mundo real entero (con el mundo considerado en su totalidad). Lo anterior equivale, en el lenguaje de la semántica de los mundos posibles, a que una teoría es verdadera exactamente si entre los distintos mundos permitidos por la teoría uno de estos mundos es el mundo real.

Considero que respecto a la condición de unicidad nos encontramos con un acuerdo (implícito) entre el estructuralismo y la concepción de van Fraassen. De manera más precisa, por una parte tenemos que van Fraassen enuncia dicha condición y por otra tenemos que el análisis estructural del núcleo teórico que hace el estructuralismo proporciona una justificación de dicho criterio, aunque el estructuralismo no lo diga directamente. W. Diederich¹⁰² realiza una reconstrucción de la condición de unicidad dentro del marco estructuralista y, en últimas, la idea importante es que «el estructuralismo responde a esta clase de situaciones (y a otras situaciones también) mediante la introducción de restricciones. Este mecanismo cubre las necesidades de van Fraassen (como puede verse fácilmente)»¹⁰³

En cuanto a la condición de universalidad considero que tal y como la enuncia y la explica van Fraassen puede interpretarse en un sentido fuerte y en otro débil; sentidos que él no distingue de ningún modo sino que más bien, de acuerdo con lo dice estrictamente en van Fraassen [1980], parece inclinarse por el sentido fuerte. Pero a partir de lo que dice en escritos posteriores, como van Fraassen [1997], uno

¹⁰² Véase Diederich [1996], pp. 19-20.

puede concluir que la condición de universalidad la interpreta en sentido débil, tal como veremos.

El sentido fuerte tiene que ver con entender la expresión “todos los fenómenos observables” con la máxima extensión posible. Esto es, en el caso de una teoría como la mecánica clásica la expresión haría referencia no sólo a los fenómenos (observables) que podríamos considerar mecánicos, sino también a los fenómenos físicos en general; pero esto no es todo, también referiría a todo el resto de fenómenos no físicos. En últimas nos encontraríamos con que todas las teorías tendrían que salvar todos los fenómenos observables o, algo parecido, se estaría defendiendo la posibilidad de una única teoría que hable sobre todo, lo cual suena en cierta forma absurdo.

Es en este contexto en el que escuchamos críticas como la siguiente:

El enfoque semántico no tiene por qué asumir esta posición universalista que asigna a cada teoría empíricamente adecuada una aplicación “universal”. Existen, en efecto, buenas razones para sostener que una teoría tiene siempre una pluralidad de aplicaciones referidas a distintas parcelas del mundo y que cuando apuntamos con nuestro visor teórico a una de ellas permanece obturado el “resto del mundo”¹⁰⁴.

A esto yo añadiría que en realidad también contamos con teorías pertenecientes a áreas muy distintas del conocimiento precisamente porque estudian parcelas muy distintas de la realidad. Así que también comparto las siguientes palabras de Moulines: «las

¹⁰³ Diederich [1996], p. 19.

¹⁰⁴ Ibarra y Mormann [1994], p. 396.

aplicaciones intencionales de una teoría dada no cubren el “universo entero” –sea lo que sea esto. Las aplicaciones intencionales de una teoría son múltiples y locales. Ellas representan pequeñas “piezas” de la experiencia humana. No hay tal cosa como una teoría de todo, ni es razonable esperar que alguna vez se presente una teoría de este tipo»¹⁰⁵.

Ahora, ¿qué del sentido débil? Como puede observarse, la cuestión de fondo aquí tiene que ver con el problema de la intencionalidad dentro de las teorías empíricas: a qué tipo de fenómenos se pretende aplicar la teoría. Esto lo resuelve muy bien el estructuralismo al involucrar explícitamente en la identidad de una teoría el conjunto de aplicaciones intencionales, pero debido a que van Fraassen no lo hace así, en ocasiones se presentan confusiones. Pero igualmente creo que van Fraassen resuelve este problema por otros medios, introduciendo la aserción empírica en la individuación de las teorías –cosa que ya estudiamos- y, en sus últimos escritos, de manera más directa, enfatizando el carácter intencional de la representación (de acuerdo con la concepción representacional que presupone el enfoque semántico), el cual describe en los siguientes términos: «en la ciencia los modelos son usados para representar la naturaleza, usados por nosotros, y entre los muchos modos posibles de usarlos, el modo actual es muy importante y fija la relación relevante entre el modelo y

¹⁰⁵ Moulines [1996], p.9. Ibarra y Mormann también se expresan en el mismo tono: «no existirá nunca esta teoría “sobre el mundo entero” que sea verdadera o empíricamente adecuada de manera absoluta» (Ibarra y Mormann [1994], p.396).

la naturaleza –esto es, relevante tanto para la evaluación como para la aplicación de la teoría»¹⁰⁶.

A lo anterior hay que añadir que el énfasis en lo universal del sentido débil no tiene que ver propiamente con su aplicación a todo tipo de fenómenos sino más bien con lo temporal, con el presente, pasado y futuro. En el ejemplo mencionado arriba podemos resaltar estos dos aspectos, el carácter intencional de la representación y la universalidad en el dominio temporal, del siguiente modo: hay que dar razón de los fenómenos observables que *podríamos considerar mecánicos* pero, para decirlo con las palabras de van Fraassen, «éstos no se agotan con los realmente observados, ni tampoco con aquellos observados en algún momento, ya sea pasado, presente o futuro»¹⁰⁷, sino con todos en su conjunto.

Esta segunda lectura que hago de la condición de universalidad propuesta por van Fraassen es por la que me inclino ya que, entre otras cosas, no es objeto de las críticas anteriores y además se apoya en la explicación que él mismo da de esta condición en términos de la expansión exitosa de una teoría. Él comienza por preguntar: «¿cómo podría la mecánica clásica, por ejemplo, tener un modelo en el que *todos* los fenómenos puedan encajar, cuando la teoría ni siquiera menciona la electricidad?»¹⁰⁸. De acuerdo con van Fraassen podríamos considerar que la aparición del electromagnetismo

¹⁰⁶ van Fraassen [1997], p. 523.

¹⁰⁷ van Fraassen [1980], p. 12.

¹⁰⁸ van Fraassen [1980], p. 66.

representó una extensión de la mecánica clásica, pero igualmente también significó una victoria de la misma. Pero esto no quiere decir que la mecánica clásica describa correctamente los fenómenos electrodinámicos en cuanto fenómenos eléctricos y magnéticos en sí mismos, sino en lo que estos fenómenos tienen de mecánicos. Precisamente es una victoria de la mecánica porque algunas de sus subestructuras pueden expandirse de tal modo que sean subestructuras de la teoría electrodinámica. Hay que tener muy presente que, por ejemplo, a la mecánica se le evalúa por lo que dice de los fenómenos sobre su comportamiento mecánico y no de otro tipo; esto puesto en términos generales significa que la evaluación empírica de una teoría es respecto a *lo que dice* acerca de las cosas y sucesos del mundo.

CAPÍTULO 4

NOCION DE MODELO Y FORMAS DE DESCRIBIRLOS

4.1. Introducción

Creo que la mejor manera de precisar las distintas cuestiones abordadas en el presente capítulo es comenzar directamente por presentar el principal problema que da unidad al capítulo: puesto que en principio en el enfoque semántico *modelo (modelo teórico)* refiere a los sistemas idealizados de que hablan los científicos, tiene sentido preguntarnos si este uso concuerda con el concepto de modelo (modelo semántico) de los lógicos y matemáticos.

Pero lo interesante no sólo está en la pregunta, sino también en que al respecto contamos con dos importantes opiniones encontradas. P. Suppes, por una parte, en su artículo “A Comparison of the Meaning and Use of Models in Mathematics and the Empirical Sciences” (1961) responde a la pregunta así:

Pretendo que el concepto de modelo en el sentido de Tarski puede usarse sin distorsión y como un concepto fundamental en todas las disciplinas... En este sentido, aseveraré que el significado del concepto de modelo es el mismo en matemáticas y en las ciencias empíricas. La diferencia que se encuentra en esas disciplinas se encuentra en sus usos del concepto¹⁰⁹.

¹⁰⁹ Suppes [1960], p.112.

En tanto que van Fraassen (casi veinte años después) responde a la misma pregunta en los siguientes términos: «se perdería el impacto de la innovación de Suppes si los modelos se definen, como en muchos textos corrientes de lógica, como parcialmente entidades lingüísticas cada una bajo el yugo de una sintaxis particular»¹¹⁰; así que para él «los modelos son estructuras matemáticas llamadas modelos de una teoría sólo en virtud de pertenecer a la clase definida de los modelos de esa teoría»¹¹¹.

Considero que en estas dos respuestas nos encontramos con varias tensiones muy interesantes. La primera, y más importante, tiene que ver con la respuesta a la pregunta planteada inicialmente: Suppes propone que el significado de *modelo teórico* es el mismo que el de *modelo semántico* y van Fraassen no está de acuerdo con establecer tal equivalencia.

¹¹⁰ van Fraassen [1989], p. 366. Creo que este tipo de respuesta ya la tenía configura van Fraassen antes de 1980, pues en el artículo “Empiricism in the Philosophy of Science” (1985), donde trata más a fondo el problema de las interrelaciones entre los enfoques sintáctico y semántico, argumentando contra la equivalencia de los dos enfoques, dice al respecto: «originalmente intenté introducir pasajes como el anterior en el capítulo 3 de *La imagen científica*, pero decidí no hacerlo porque pensé que para muchos de mis lectores estos puntos técnicos deberían parecerles oscuros e irrelevantes, aunque para quienes los comprendieran fácilmente no necesitaban una explicación de estos. Olvidé cómo yo mismo había caído en el hechizo de la lógica de la teoría de modelos que encontramos en textos de lógica estándar. Y había subestimado cuán grande había sido el éxito del positivismo lógico en el adoctrinamiento de las generaciones posteriores para pensar en términos de su lenguaje de primer orden la imagen de las teorías» (van Fraassen [1985b], p. 302).

¹¹¹ van Fraassen [1989], p. 366.

La segunda es una cuestión de interpretación histórica relacionada con qué se quiere decir con “la innovación de Suppes” y cuál es la relación entre esta innovación y la tesis de que *modelo teórico* significa lo mismo que *modelo semántico*. Aclarar estas últimas cuestiones es importante ya que al contrastar las palabras de van Fraassen con las de Suppes podríamos concluir una de tres cosas: que estamos interpretando incorrectamente lo que dice Suppes en la cita o, si esto no es así, que van Fraassen está haciendo una lectura del trabajo de Suppes opuesta a la que haría el mismo Suppes o que en algún punto Suppes se está contradiciendo.

Aparece una tercera tensión porque si un modelo teórico es un modelo semántico entonces “en principio” no habría diferencia alguna entre el enfoque semántico y el sintáctico. Esto porque, a grandes rasgos, como veíamos en el capítulo 1 y precisaremos mejor más adelante, un modelo semántico depende de la *sintaxis* de un lenguaje formalizado y si un modelo teórico es un modelo semántico, entonces tendríamos que los modelos teóricos estarían asociados con una sintaxis particular. Y esto último, desde luego, va en contra de la principal innovación de Suppes: pensar una teoría como un conjunto de modelos y no como un conjunto de enunciados.

¿Qué dice el estructuralismo sobre todo esto? Considero que los estructuralistas no se pronuncian directamente al respecto, pero desde luego que hacen afirmaciones que tienen que ver con las cuestiones aquí planteadas. De modo que, a partir de un primer vistazo a estas

afirmaciones, no es difícil concluir que los estructuralistas estarían en el bando de Suppes. Así, por ejemplo, Moulines plantea que «tales complejos conocidos como “teorías” constan de *modelos* en el sentido de la semántica formal, es decir, en estructuras que satisfacen un conjunto dado de axiomas»¹¹².

Precisamente uno de los objetivos del numeral 4.3. *Definición de un predicado conjuntista* es desarrollar esta idea de Moulines dentro de un contexto más amplio. De manera más precisa, en este apartado se presentan los planteamientos del estructuralismo sobre cómo presentar un modelo teórico y algunas ideas preliminares sobre la cuestión central de la relación entre modelos teóricos y semánticos. Algo semejante se hace en el cuarto numeral, 4.4. *Espacios de estados*, pero con la concepción de van Fraassen¹¹³.

El segundo numeral, 4.2. *Modelos en ciencia*, amplía aún más el contexto de discusión sobre la noción de modelo al presentar los conceptos de modelo más dominantes en las ciencias, resaltando especialmente sus similitudes y diferencias con el concepto de modelo semántico. Esto se hace especialmente con el propósito de abarcar en toda su extensión la tesis de Suppes, anteriormente enunciada. Estos tres numerales sientan las bases conceptuales para

¹¹² Moulines [1991], p. 316.

¹¹³ Los temas tratados en estos dos numerales los hubiera podido desarrollar en el capítulo anterior, pero decidí hacerlo de este modo por tres razones: para que la extensión del capítulo anterior no sobrepasara demasiado la de los otros capítulos; para darle una mayor unidad temática al presente capítulo; y porque estos temas son secundarios en relación con las ideas principales desarrolladas en el tercer capítulo.

abordar directamente las cuestiones centrales -las que hemos enunciado en un principio- en el 4.5. *Noción de modelo y equivalencia de los enfoques sintáctico y semántico*. De ahí que este último numeral se abra presentando en forma escueta las dos principales ideas que se van a defender sobre las cuestiones centrales.

4.2. Modelos en ciencia

Sin pretender agotar el tema, pero sí con el deseo de desenmarañar ciertos aspectos presentes en la compleja discusión sobre los modelos en las ciencias empíricas, vale comenzar por distinguir los usos más dominantes del término. Esto también nos permitirá apreciar los límites y virtudes en el uso de la noción de modelo por parte del enfoque semántico en contraste con otros posibles usos de esta noción para tratar otras inquietudes muy propias de la filosofía de la ciencia.

Son dos las ideas que se quieren enunciar y parcialmente argumentar en este numeral (ya que el resto de numerales permitirán una sustentación más completa de las mismas) en relación con los límites anteriormente mencionados: que la característica importante de los modelos teóricos, que refieren a los sistemas idealizados de que hablan los científicos y que son los que en principio interesan en el enfoque semántico, es la de ser estructuras matemáticas abstractas; y que los otros tipos de modelo pueden ser mejor comprendidos si también se asumen principalmente como estructuras. Desde luego que

estas dos ideas no concuerdan exactamente con lo que Suppes propone al respecto, ya que él asimilaría los modelos teóricos y el resto de modelos a modelos semánticos.

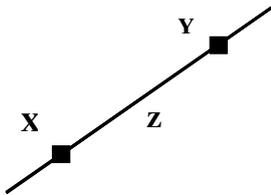
Por tanto, a continuación se adopta y amplía la clasificación de los modelos establecida por Max Black¹¹⁴, comenzando por precisar cómo se emplea dicho término dentro del enfoque semántico.

1. *Modelo semántico*. Se refiere a los modelos desde la lógica-matemática (teoría de modelos o semántica formal) tal y como tuvimos la oportunidad de tratarlos en el primer capítulo. Recordemos simplemente que un modelo lo es de un enunciado o de un conjunto de enunciados los cuales pertenecen a un lenguaje formal y que en general un modelo de un lenguaje formal es una estructura matemática más una función que interpreta los enunciados del lenguaje en la estructura. Así pues, son dos las condiciones básicas que cumple un modelo: ser una estructura matemática abstracta y tener una relación de *satisfacción* con un conjunto de enunciados pertenecientes a un lenguaje formal.

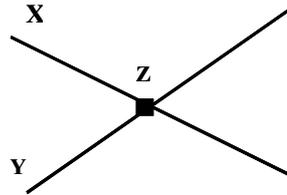
Los ejemplos propuestos en esa ocasión, en el capítulo 1, fueron las interpretaciones dualistas tanto de los tres axiomas de enlace de Hilbert para la geometría euclídea como del teorema de Pappus. Para complementar y retomar lo principalmente dicho allí, veamos un ejemplo semejante pero más sencillo, las interpretaciones dualistas

del primer postulado de la geometría euclídea. En la ilustración que aparece a continuación hay dos estructuras y vemos que cada una consta de ciertos objetos (puntos y rectas) y de determinadas relaciones entre estos.

Interpretación usual



Interpretación dual



Podemos decir que estas dos estructuras son modelos del enunciado “por dos puntos pasa una recta”. Esto es, en la interpretación usual tenemos que los términos del enunciado significan lo que corrientemente se entiende por ellos; es decir, en sentido literal: por los puntos X y Y pasa la recta Z. En tanto que en la interpretación dual los significados se intercambian; es decir, en un sentido literal: las rectas X y Y contienen el punto Z.

2. *Modelo a escala.* Un objeto real o imaginario que conserva las proporciones relativas de algún objeto material existente o imaginario, que se considera el original del modelo; por ejemplo, un modelo de avión en un túnel de viento.

3. *Modelo analógico.* Un objeto o proceso que reproduce en circunstancias distintas las relaciones presentes en el original; por

¹¹⁴ Black [1960] rechaza la tesis de Suppes, pero tiene la ventaja que presenta una

ejemplo, el modelo mecánico de Maxwell y Kelvin pretende en alguna medida reproducir los fenómenos electromagnéticos o, con otro ejemplo, las relaciones hidrodinámicas sirven de modelo para representar las relaciones entre las propiedades de la corriente eléctrica en un circuito eléctrico.

Otro ejemplo muy mencionado en física es el de las moléculas de gas y la colisión entre bolas de billar. El ejemplo es interesante porque se presenta desde una concepción sintáctica en donde la mecánica newtoniana se asocia a un sistema formal completamente desinterpretado cuyos axiomas son las tres leyes de Newton y de modo que tanto las moléculas de un gas confinado como las bolas de billar rodando sobre una mesa son modelos del sistema formal producto de dos interpretaciones diferentes: una que tiene que ver con bolas de billar y la otra con partículas de gas. En otras palabras las moléculas de gas y las bolas de billar comparten el mismo sistema formal. Además obsérvese que este caso puede funcionar también como un caso de modelo analógico: el choque entre las bolas de billar puede ser modelo del comportamiento de las moléculas de un gas.

Algo muy característico de este tipo de modelo es la duplicidad en su interpretación, ya que puede tener una interpretación ontológica - asumirse con un compromiso existencial- o una función puramente heurística¹¹⁵. Una interpretación ontológica de ambas analogías

amplia taxonomía de los modelos.

llevaría a admitir que la analogía en sí es suficiente para admitir en un caso, por ejemplo, la existencia de un flujo de electrones por el cable del circuito y en el otro la existencia de moléculas de gas, sin más.

4. *Modelo matemático*. Se emplea en las ciencias del comportamiento y en estadística matemática para dar una formulación matemática de un campo de investigación. Así, por ejemplo, para estudiar el crecimiento de la población se puede considerar que su variación en el tiempo depende de: número de individuos que nazcan en un cierto momento, número de los que mueran, número de los que ingresan a la región y de los que la abandonan. Aquí, a diferencia de lo que sucede en los casos anteriores y en el posterior, el modelo sería una entidad lingüística, el conjunto de ecuaciones, y no una entidad concreta o abstracta. Para evitar confusiones hay que tener presente que este tipo de modelo no equivale a *modelo* en lógica-matemática, a *modelo semántico*, aunque si se despoja de su ropaje lingüístico podría asociarse con un modelo teórico.

5. *Modelo icónico*. Los modelos a escala y los analógicos son modelos icónicos respectivamente del objeto que son modelos. Así, esta categoría es más general. A grandes rasgos, un modelo icónico tiene un parecido o similitud con la cosa que representa; es decir, algunos aspectos del icono son similares o análogos con el objeto o sistema del que es modelo. Las dimensiones del modelo a escala son

¹¹⁵ Este tipo de duplicidad fue claramente expuesta y explorada por Kuhn [1962], p. 184.

proporcionales a las dimensiones del objeto modelado y las leyes que describen el movimiento de las bolas de billar son las mismas para las moléculas de gas.

En síntesis, todos estos tipos de modelos, excepto el matemático, pueden comprenderse mejor si se asumen como estructuras más otras características particulares de cada tipo de modelo: los modelos analógicos, y en general icónicos, se entiende que tienen estructuras isomorfas en los aspectos pertinentes.

Finalmente hay que tener presente que las pretensiones del enfoque semántico acerca del empleo de modelos, modelos teóricos, están limitadas a los modelos dentro de la estructura de las teorías y no busca ampliarlos a la actividad científica en general en donde seguramente nos encontramos con una gama mayor de tipos de modelos, como puede deducirse de la discusión anterior sobre los modelos. Trabajos en esta dirección y con resultados bastante positivos han sido elaborados, por ejemplo, por el grupo de Newton da Costa y Steven French como también por Javier Echeverría, buscando extender el enfoque semántico a otros elementos de la práctica científica, especialmente aquellos en donde se emplean modelos icónicos. Así, por ejemplo, la tesis que los primeros defienden es del siguiente tenor: «al nivel del análisis filosófico,

presentar modelos icónicos, modelos materiales y demás, es presentar ciertas estructuras conjuntistas parciales»¹¹⁶.

4.3. Definición de un predicado conjuntista

Las distintas cuestiones del presente capítulo tienen que ver con dos temas: la noción de modelo, cuyo tratamiento iniciamos en el numeral anterior y que particularmente se extiende hasta el último numeral, y la forma como se presentan los modelos (teóricos) en el enfoque semántico. En el capítulo anterior dijimos que esta cuestión se resuelve, en general, mediante una relación de caracterización o de definición y que esta relación particularmente tiene formas diferentes en el estructuralismo y en la concepción de van Fraassen. Mientras el estructuralismo emplea el método de axiomatización informal mediante la definición de un predicado conjuntista (axiomatización conjuntista informal) como forma estándar para presentar los modelos teóricos y, en general, para presentar las diferentes componentes estructurales de una teoría empírica, van Fraassen emplea como herramienta básica espacios de estados.

Así que para profundizar más en este aspecto del programa estructuralista es conveniente comenzar precisando algunas pocas cosas sobre tres tipos diferentes de axiomatización, teniendo presente que ya hemos dicho algo de dos de ellos, como veremos.

¹¹⁶ French y Ladyman [1999]; Echeverría [1998] hace una propuesta dentro del

Stegmüller¹¹⁷ llama a estos tres tipos de axiomatización del siguiente modo: axiomatización hilbertiana formal, axiomatización hilbertiana informal y axiomatización conjuntista informal. El primer tipo de axiomatización la tratamos en el primer capítulo con el nombre de axiomatización de un sistema formal y el principal ejemplo que presentamos en ese momento fue la minigeometría matemática.

También ya hemos tratado el segundo tipo de axiomatización al analizar la noción de probabilidad, puesto que concretamente el cálculo de probabilidades es una ilustración de este tipo de axiomatización. Más aún, Kolmogorov pertenecía a la escuela de Hilbert y él mismo presentó su cálculo de probabilidades como un desarrollo más de los métodos informales de Hilbert. La principal diferencia de esta manera de proceder respecto a la primera, radica en que la axiomática informal no utiliza un lenguaje formal para presentar los axiomas de una teoría sino que los formula en el lenguaje corriente.

En cuanto a axiomatización informal mediante la definición de un predicado conjuntista, como lo indica su nombre, utiliza como lenguaje el de la teoría informal de conjuntos. De modo que los conceptos que aparecen en este tipo de axiomatización se introducen como conceptos conjuntistas, no mediante un sistema formal de la teoría de conjuntos u otro, sino a través del lenguaje corriente sobre una base puramente intuitiva. Además se dice que se emplea el

contexto más amplio de una teoría de la representación en la ciencia.

procedimiento de definir un predicado conjuntista por lo que sigue.

En los otros dos tipos de axiomatización decíamos que el sistema de axiomas *define explícitamente* un concepto de segundo orden o una estructura. La forma más fácil de evidenciar esta característica es notar que un sistema de axiomas tiene asociada una forma proposicional. Veamos esto con un ejemplo. En el caso de la probabilidad, el sistema de axiomas (el cálculo de probabilidades) realmente no define *probabilidad* sino *espacio de probabilidad* o lo que es una estructura de probabilidad. De manera más gráfica, supongamos que α_1 , α_2 , α_3 y α_4 son los axiomas del cálculo de probabilidades, de modo que los conceptos que aparecen en cada uno de estos axiomas al introducir una interpretación pueden entenderse como variables y la conjunción de los axiomas α_1 , α_2 , α_3 y α_4 forman una proposición que define explícitamente lo que es un espacio de probabilidad o, en general, forman el predicado conjuntista “ser un espacio de probabilidad”.

Ahora bien, puesto que el predicado “ser un espacio de probabilidad” es aplicable a todos los sistemas o estructuras que son modelos del cálculo de probabilidades, podemos escribir directamente, como una forma equivalente al cálculo de probabilidades, la siguiente definición¹¹⁸:

X es un espacio de probabilidad si y solo si X satisface α_1 , α_2 , α_3 y α_4 .

¹¹⁷ Véase Stegmüller [1973], pp. 56-65.

¹¹⁸ Para una axiomatización conjuntista informal del cálculo de probabilidades véase Suppes [1957], pp. 276-278 y Mosterín [1984], p. 260.

En síntesis, la forma canónica como el estructuralismo presenta los modelos de una teoría empírica es a través de un predicado conjuntista de la forma: “ x es un modelo de la teoría $\text{syss}_{\text{def}} \varphi(x)$ ”, donde $\varphi(x)$ expresa principalmente las leyes de la teoría.

A manera de ilustración y en contraste con el ejemplo presentado en la explicación de la concepción sintáctica, veamos *la forma* que toma la presentación de la minigeometría euclideana. Tengamos en cuenta que ésta forma consiste en proporcionar estructuras, modelos, bien determinados. En el caso que nos ocupa podemos llamar a estas estructuras espacios minieuclicídeos y simbolizarlos por *espacio-G*, de modo que un espacio-G puede definirse directamente como sigue¹¹⁹:

Definición: *S es un espacio-G* si y solo si existe D, P, R y E , tales que:

- (1) $S = \langle D, P, R, E \rangle$
- (2) $D \neq \emptyset$
- (3) $P \subseteq D$
- (4) $R \subseteq D$
- (5) $E \subseteq D^2$
- (6) Si x, y son elementos distintos de P , entonces hay exactamente un elemento z de R tal que $\{(x,z), (y,z)\} \subseteq E$
- (7) Si x es un elemento de R , entonces hay al menos dos elementos distintos y, z de P tal que $\{(y,x), (z,x)\} \subseteq E$

¹¹⁹ El ejemplo es una adaptación, con varias modificaciones, de van Fraassen [1972], p. 310.

Las líneas (1) a (5) de esta definición son los axiomas impropios o tipificaciones y caracterizan lo que es un modelo potencial de la minigeometría euclídea, una entidad (estructura o sistema) del que tiene sentido preguntarse si efectivamente es un espacio minieuclicídeo o no. Las líneas (6) y (7) corresponden a los axiomas propios de la minigeometría euclídea y son los axiomas formales presentados en el sistema-G, en el capítulo 1. Estos axiomas o condiciones de definición sirven para determinar, dentro del conjunto de modelos posibles, el subconjunto de modelos, esto es, el conjunto de espacios minieuclicídeos.

Como puede observarse, la definición no hace referencia explícita a ningún lenguaje o teoría, está expresada en términos del lenguaje matemático de la teoría de conjuntos y caracteriza el contenido de la teoría directamente del modo siguiente: dado que P es el conjunto de puntos, R el de las rectas y E es la relación “está en”, definida entre un punto y una recta, entonces en un espacio-G, de acuerdo con los axiomas propios, dos puntos determinan una única recta y hay al menos dos puntos en toda recta.

Otro ejemplo, siguiendo a Sneed¹²⁰, diremos que un sistema que cumple la segunda ley de Newton (la ley de movimiento), y por tanto la primera (la ley de inercia), es un sistema mecánico clásico de partículas. Si este sistema además cumple la tercera ley (la ley de acción-reacción) diremos que es un sistema mecánico clásico

¹²⁰ Véase Sneed [1971].

newtoniano de partículas. Veamos entonces la siguiente reconstrucción axiomática de la mecánica clásica newtoniana de partículas mediante la definición de un predicado conjuntista, la cual corresponde básicamente a la hecha por McKinsey, Sugar y Suppes¹²¹.

Definición: *X* es un sistema mecánico clásico newtoniano de partículas si y solo si existen P, T, m, s, f tales que:

- (1) $X = \langle P, T, m, s, f \rangle$
- (2) $P \neq \emptyset$ y P es finito
- (3) T es un intervalo de números reales
- (4) $m: P \rightarrow \mathbb{R}^+$
- (5) $s: P \times T \rightarrow \mathbb{R}^3$ y dos veces diferenciable sobre T .
- (6) $f: P \times T \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}^3$

y para cada $p \in P$ y $t \in T$: $\sum_{i \in \mathbb{N}} f(p, t, i)$ es absolutamente convergente.

- (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 $p, q \in P$ y $t \in T$: $f(p, t, i_q) = -f(q, t, i_p)$
- (9) Para todo $p, q \in P$ y $t \in T$: $s(p, t) \otimes f(p, t, i_q) = -s(q, t) \otimes f(q, t, i_p)$

Primero expliquemos ciertos símbolos y determinados conceptos. \mathbb{N} denota el conjunto de los números naturales y \mathbb{R}^+ y \mathbb{R}^3 denotan, respectivamente, el conjunto de los números reales positivos y el espacio euclídeo tridimensional proporcionado por los productos

¹²¹ Véase McKinsey *et al.* [1953].

escalar y vectorial \otimes , normales.

Intuitivamente, el conjunto P es un conjunto de *cuerpos* o *partículas*, T es el conjunto de *instantes de tiempo*; $s(p,t)$ es el *vector posición* de la partícula en el instante t ; $m(p)$ es la *masa* de la partícula p ; $d^2/dt^2[s(p,t)]$ designa la segunda derivada del vector posición respecto al tiempo y representa la *aceleración* de la partícula p en el instante t ; $\sum_{i \in N} f(p, t, i)$ representa la fuerza neta sobre p en el tiempo t ; y finalmente $f(p, t, i_q)$ designa la fuerza sobre p ejercida por q en t .

Por otra parte, los axiomas (1) a (6), los axiomas impropios, caracterizan la clase de los modelos potenciales de la teoría, es decir, los sistemas de los que tiene sentido preguntarse si son mecánicos clásicos newtonianos de partículas o no. Los axiomas (7) a (9) son los axiomas propios de la teoría y corresponden a las dos últimas leyes de Newton: (7) a la segunda ley; (8) y (9) a la ley de acción-reacción. Estos tres últimos axiomas determinan, entre los modelos potenciales, cuáles de estos sistemas son los modelos (teóricos) de la teoría, esto es, son sistemas mecánicos clásicos newtonianos de partículas.

Los axiomas (8) y (9) suministran una formulación exacta de la ley de acción-reacción y su contenido intuitivo es el siguiente: el octavo axioma estipula que la fuerza ejercida sobre p por q sea igual y opuesta a la ejercida sobre q por p ; y el noveno axioma estipula que la dirección de las dos fuerzas sea a lo largo de la línea que une a las dos partículas.

Un ejemplo, puesto que el sistema Tierra-Luna cumple, satisface, las nueve condiciones anteriores podemos concluir que es un sistema mecánico clásico newtoniano de partículas. Hasta aquí lo que tiene que ver con la forma de presentar la clase de modelos de una teoría empírica.

El estudio anterior también nos sirve para precisar la forma como el estructuralismo emplea el término “modelo”. Al comienzo afirmamos que si bien los estructuralistas no son suficientemente claros en este punto, a partir de determinadas afirmaciones que hacen podemos concluir que identifican el significado de modelo teórico con el de modelo semántico. La idea principal que presentan es, para decirlo ahora con las palabras de Stegmüller: «una de las ventajas de este... tipo de axiomatización [la conjuntista informal] consiste en que puede introducirse el concepto de modelo de un sistema axiomático sin necesidad de echar mano de instrumentos técnicos complicados. Por *modelo* se entiende ahora sencillamente *una entidad que satisface el predicado conjuntista*». Nuevamente nos encontramos con cierta ambigüedad, la primera afirmación de la cita da a entender que el concepto que se va a introducir es el de modelo semántico, un concepto con el que supuestamente ya contábamos con anterioridad, en tanto que la segunda afirmación sugiere que se está definiendo el nuevo término “modelo” que es homónimo con *modelo* en sentido semántico.

De acuerdo con lo que dijimos en el numeral anterior, es claro que podemos pensar en que se tratan de conceptos diferentes. Esto es, de acuerdo con los estructuralista, lo cual es perfectamente claro, si un sistema real o abstracto cumple o satisface los axiomas de la definición de un predicado conjuntista, es un modelo de la teoría propuesta; pero aquí *modelo* hay que entenderlo en el segundo sentido de Stegmüller (*una entidad que satisface el predicado conjuntista*), ya que para que sea un modelo en sentido semántico es necesario presentar la teoría en un lenguaje formal, es decir, axiomatizarla formalmente, lo cual desde luego no es el caso.

En síntesis, vemos que los estructuralistas hablan explícitamente de modelos en el sentido de que son estructuras que satisfacen los axiomas, o enunciados, de un predicado conjuntista; y esto es lo que en últimas los lleva a sugerir que un modelo teórico es un modelo semántico. Al final del capítulo volveremos sobre esta cuestión, principalmente para establecer algunos contrastes con lo que piensa van Fraassen al respecto.

4.4. Espacios de estados

Pasemos ahora a la forma como van Fraassen presenta los modelos teóricos. En este punto la perspectiva de van Fraassen coincide con la de Giere y F. Suppe, y de acuerdo con esta perspectiva una teoría física normalmente trata con una amplia clase de estructuras dividida

en subclases, de modo que la teoría especifica un espacio de estados (*state-space*) para cada una de estas subclases o, lo que es lo mismo, una teoría puede verse como la unión de una familia de teorías simples en la que cada una de ellas especifica un espacio de estados. Veamos esto con mayor detenimiento.

Para comenzar y en términos generales, en física se entiende que un sistema físico puede tener ciertos estados o, de otra forma, el estado en que un sistema se encuentra es uno entre un conjunto de estados posibles. Estos estados posibles se representan por elementos de un cierto espacio matemático, un espacio de estados. Así pues, al definir una clase de sistemas físicos se especifica primero que todo el conjunto de estados que pueden tener los sistemas a través de una colección de entidades matemáticas (números, vectores, funciones, etc.) que permiten representar el conjunto de estados posibles. A esta colección de entidades matemáticas es a lo que precisamente llaman van Fraassen un espacio de estados de los sistemas físicos correspondientes. Son expresiones equivalentes a *espacio de estados*: *espacio de configuración* y *espacio de fases*.

Además, las variables empleadas en cada modelo matemático representan distintas magnitudes físicas (observables) relacionadas con el sistema físico, las cuales son en principio cuantificables, es decir que pueden tomar ciertos valores. Así, las magnitudes físicas son las que permiten caracterizar el estado de un sistema en un tiempo determinado o, lo que es lo mismo desde el punto de vista clásico,

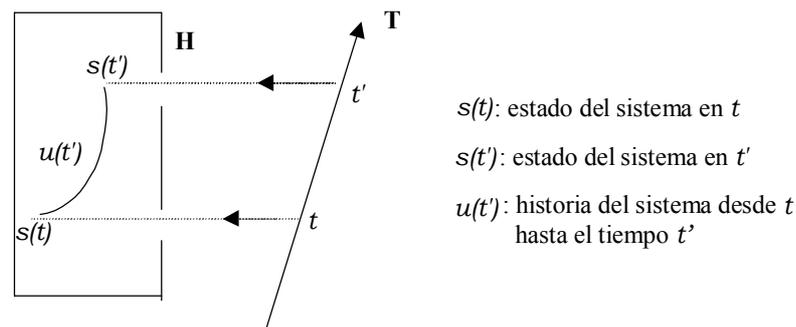
una configuración particular de valores de las variables es un estado del sistema. Por tanto, el espacio de estados sería la colección de todas las configuraciones posibles de las variables.

Veamos dos ejemplos para fijar lo anterior. En la mecánica newtoniana las magnitudes físicas son la posición y el momento, que en coordenadas generalizadas se representan por $q = (q_x, q_y, q_z)$ y $p = (p_x, p_y, p_z)$ respectivamente. Con esto, el estado de cada partícula en un instante determinado se puede identificar con el séxtuplo ordenado $\langle q_x, q_y, q_z, p_x, p_y, p_z \rangle$. En termodinámica, por ejemplo, las variables de estado de un gas son volumen (v), presión (p) y temperatura (t), y el conjunto de tripletas $\langle x, y, z \rangle$ de números reales proporciona un espacio de estados para un gas en un recipiente, de modo que el gas se encuentra en el estado $\langle v, p, t \rangle$ si precisamente tiene la temperatura t , el volumen v y la presión p .

A partir de lo anterior, podemos ver que en general podemos identificar los estados de un sistema mediante puntos en un determinado sistema de coordenadas que, por lo mismo, podemos llamar *espacio de estados posibles*. El sistema de coordenadas debe tener tantas dimensiones como variables de estado tenga el sistema estudiado; así, por ejemplo, en el caso de la mecánica clásica será hexadimensional y tridimensional en el de la termodinámica. La figura de abajo busca ilustrar lo anterior en términos generales.

Ahora bien, es claro que una teoría no sólo tiene que ver con la

cuestión particular de los estados posibles de un sistema, sino con la cuestión más general de cómo cambia el sistema de un estado a otro, es decir, con la evolución o historia del sistema. La teoría en sí misma representa la conducta de los sistemas en términos de sus estados y esto lo hace por medio de sus leyes o reglas que son básicamente de dos tipos: las leyes de coexistencia que restringen las posiciones en el espacio de estados y las de sucesión que restringen las trayectorias a través del espacio de estados. Un ejemplo típico de las primeras es la ley de Boyle $PV = rT$ y uno típico de las segundas es la segunda ley de Newton. Así pues, lo que hace una determinada ley de una teoría es delimitar distintas configuraciones y trayectorias en el espacio de estados correspondiente.



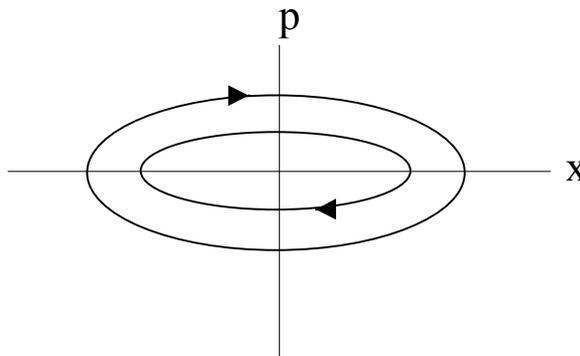
Representar un sistema físico consiste en presentar la evolución del sistema en el tiempo, es decir, su historia; y la representación de la historia de un sistema corresponde a una trayectoria $u(t')$ en su espacio de estados posibles \mathbf{H} , como puede apreciarse en la ilustración anterior. Cada una de las trayectorias del espacio de estados, o las evoluciones posibles del sistema, está determinada

principalmente por las leyes de la teoría y además cada una de ellas es esencialmente una función s del tiempo \mathbf{T} (el continuo de los números reales) al espacio de estados \mathbf{H} ; es decir, $s: \mathbf{T} \rightarrow \mathbf{H}$ (ver ilustración)¹²².

Apliquemos las ideas anteriores al caso del oscilador armónico simple a través de las ecuaciones canónicas del movimiento o ecuaciones de Hamilton¹²³:

$$(1) \quad dq_i/dt = \partial H/\partial p_i \qquad (2) \quad dp_i/dt = - \partial H/\partial q_i$$

Estas ecuaciones permiten describir gráficamente los posibles movimientos del sistema. Esto se consigue representando el movimiento como una función en un espacio de $2n$ dimensiones cuyos ejes de coordenadas corresponden a las q_n y las p_n .



¹²² Véase van Fraassen [1991], p. 27.

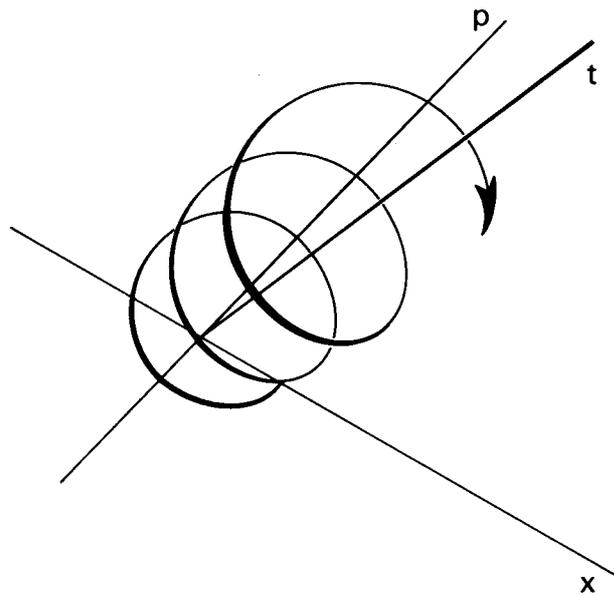
Para sistemas conservativos el hamiltoniano no depende del tiempo y expresa la constancia de la energía del sistema; es decir, $H = T + V = \text{constante}$, donde H es la energía total del sistema, T la energía cinética y V la energía potencial. En el caso del oscilador armónico simple que se mueve en una sola dimensión se cumple entonces que

$$H = (k/2) x^2 + (1/2m) p^2 = \text{constante}$$

Así que los movimientos en el espacio de fase tienen lugar en las curvas definidas por la ecuación anterior, o sea sobre elipses (ver la figura anterior). El que dicho movimiento sea sobre una u otra de las trayectorias depende de las condiciones iniciales del sistema. Además es posible representar la evolución del sistema en el tiempo a través de lo que los físicos llaman propiamente el espacio de estados, que se obtiene adicionando un tercer eje, el del tiempo, perpendicular al plano $x - p$. De modo que el estado del sistema como función del tiempo se representa mediante una espiral elíptica que se mueve a lo largo del eje t , como se muestra en la figura.

En síntesis, las ideas clave que hay que retener son: al presentar una teoría se están proporcionando un conjunto de modelos (teóricos) y dicho conjunto equivale a las trayectorias posibles de un sistema físico en el espacio de estados.

¹²³ Este ejemplo se recoge en líneas generales de Giere [1988], cap. 3 *Models and Theories*.



Para finalizar, en el apartado anterior vimos que los estructuralistas presentan la clase de modelos teóricos utilizando el instrumental de la teoría de conjuntos y, en concreto, mediante la definición de un predicado conjuntista, en tanto que por su parte acabamos de ver que van Fraassen hace esto a través de espacios de estados. Así que en esto nos encontramos con un importante contraste, pero ya habíamos planteado que este contraste no es importante porque lo cierto es que tenemos dos formas distintas de describir las mismas estructuras. Esta afirmación la apoyamos principalmente en F. Suppe¹²⁴.

Ahora bien, considero que esta conclusión tiene graves consecuencias en lo que tiene que ver con la siguiente afirmación de van Fraassen:

¹²⁴ Suppe [1989], p. 420.

Con respecto a esto último [la estructura de la teoría física] veo dos maneras de enfocarlo: una que deriva de Tarski y que Suppes y sus colaboradores maduraron (*el enfoque de estructuras conjuntistas*) y la otra iniciada por Weyl y desarrollada por Evert Beth (*el enfoque espacio de estados*). La primera es extensional sin concesiones, la segunda otorga un papel central a las modalidades¹²⁵.

Veamos por qué.

Para comenzar, tengo que confesar que esta divergencia tan clara y precisa no sólo fue la primera que recordé y subrayé cuando decidí emprender este estudio comparativo sino que también desde entonces le he seguido infructuosamente la pista sin realmente encontrar las supuestas razones en que se sustenta dicha afirmación o, si se quiere, las razones que llevaron a van Fraassen a afirmar tal cosa. Ahora bien, he llegado a la conclusión que en este punto van Fraassen se equivocó, no hay tal distinción en términos extensionales y modales entre el estructuralismo y su concepción, y esto lo digo por tres razones: él en ningún lugar enuncia ni insinúa estas razones; independientemente no he encontrado ninguna razón para justificar esta afirmación; y, la más importante, considero que las siguientes dos conclusiones bien establecidas desde el enfoque semántico contradicen dicha afirmación: lo importante en una teoría son las estructuras y una misma clase de estructuras puede describirse con el instrumental de la teoría de conjuntos o con el de los espacios de estados.

Pero una vez descarta la posibilidad de que van Fraassen tenga razón, queda el interrogante de qué lo llevo a decir tal cosa. Aquí también

¹²⁵ van Fraassen [1980], p. 67.

tengo que confesar que mis pesquisa no tuvo efecto puesto que no tengo a la mano un argumento consistente y sólido. Así que esta cuestión queda aquí abierta.

4.5. Noción de modelo y equivalencia de los enfoques sintáctico y semántico

Inicio entonces presentado directamente lo que se va a defender en cada una de las cuestiones planteadas al comienzo de este capítulo, las cuales están estrechamente relacionadas. El argumento principal gira en torno a demostrar, como es natural, la tesis más fuerte: los enfoques sintáctico y semántico no son equivalentes; y en dicho argumento juega un papel positivo e importante la idea de que no es correcto identificar un modelo teórico con un modelo semántico. Por lo dicho, queda claro que mi punto de vista sobre las dos ideas anteriores coincide completamente con el de van Fraassen.

Aún siendo esto así, también se defiende y argumenta que la principal diferencia entre el estructuralismo (principalmente) y van Fraassen respecto a la relación entre los modelos teóricos y los semánticos no es tan drástica (aunque sigue existiendo) como uno podría pensar en un comienzo, sino que esta más bien tiene que ver con una cuestión de énfasis, con el contexto en el que se usa el término “modelo” (semántico): mientras van Fraassen lo emplea en sentido fuerte, dentro de un contexto estrictamente formal (la axiomatización

formal), considero que los estructuralistas lo emplean en un sentido débil, dentro de un contexto semiformal (la axiomatización informal).

Respecto a la interrelación entre los enfoques sintáctico y semántico tenemos distintas posturas: en un extremo, están quienes defienden que el enfoque semántico no sólo posee una superioridad de tipo práctico sobre el sintáctico, sino que también “en principio” ambos enfoques no son equivalentes; en el medio encontramos a los partidarios de lo primero pero que niegan lo segundo; y en el otro extremo están quienes rechazan ambas ideas, para ellos los dos enfoques son igualmente útiles en el análisis de las teorías empíricas y, en últimas, uno conduce al otro y viceversa.

La posición de van Fraassen al respecto no siempre ha sido la misma: durante la década de los setenta sostuvo una posición intermedia y en los últimos años viene manteniendo la primera. En su artículo de 1970 explicaba de este modo su posición:

En el estudio formal del lenguaje corrientemente encontramos dos enfoques generales: uno es de orientación sintáctica y axiomática, y el otro de orientación semántica. En el primer enfoque, un lenguaje o juego de lenguaje tiene como reconstrucción racional un sistema sintáctico más una teoría deductiva axiomatizada cuya formulación se hace dentro de esta sintaxis. En el segundo, la reconstrucción racional consiste en un sistema sintáctico más una familia de interpretaciones de esta sintaxis... Entre estos dos enfoques se presentan interrelaciones naturales: una teoría axiomática puede caracterizarse por la clase de interpretaciones que la satisfacen y una interpretación puede caracterizarse por el conjunto de oraciones que son satisfechas en esta... Estas interrelaciones,... harían implausible cualquier afirmación sobre una superioridad filosófica de un enfoque sobre el otro. Pero en cada enfoque las cuestiones planteadas y los métodos empleados son diferentes, así que ellos pueden no estar a la par

respecto a sus frutos y perspicacia, en contextos específicos o para propósitos especiales¹²⁶.

Por tanto, lo que llevó, en últimas y en un comienzo, a van Fraassen a inclinarse por el enfoque semántico más que por el sintáctico fue ese tipo de fecundidad práctica del método semántico y el hecho de que éste sea más fácil de emplear. En el capítulo primero vimos las diferentes exigencias a las cuales hay que responder a la hora de presentar un sistema formal axiomatizado, empezando por construir un lenguaje formal en términos puramente sintáctico. Mientras que en el los dos numerales anteriores hemos visto cómo muchas de estas exigencias desaparecen y otras se reducen cuando se emplean los métodos conjuntistas informales, como hace el estructuralismo, o cuando se utiliza el mismo instrumental matemático que los físicos usan para formular sus teorías, como es el caso de los espacios de estados.

Para el estructuralismo no pasa desapercibido este tipo de fecundidad práctica y la gran distancia que existe entre la investigación concreta sobre los fundamentos de la ciencia y el estudio de las teorías desde una axiomatización que se pueda capturar sintácticamente. Así que, como ya se había dicho, el estructuralismo defiende también una postura intermedia en cuanto a la relación entre los dos enfoques. Para decirlo con las palabras de Moulines:

Ciertamente podríamos emplear un lenguaje formal apropiado para expresar las condiciones estructurales y las leyes sustanciales, y así definir

¹²⁶ van Fraassen [1970], p. 326.

Mp y M como clases de interpretaciones del lenguaje formal, como normalmente se acostumbra en la semántica formal. No obstante, este tipo de procedimiento resulta inmanejable, si no completamente impracticable, en muchos desarrollos de las teorías científicas. Tan pronto como emplees un poco de matemática superior en tu teoría, resulta extremadamente tediosa la tarea de formalizar completamente los axiomas. Por tanto, por razones *metodológicas prácticas*, el estructuralismo prefiere emplear una herramienta más expedita para determinar Mp y M de un modo preciso: la teoría informal de conjuntos en lugar de un lenguaje formal¹²⁷.

Las razones que aquí se alegan son ante todo razones metodológicas prácticas, pero las primeras líneas dan a entender que en cuanto a la discusión de lo que es “en principio” posible, lo que más interesa desde una perspectiva filosófica, Moulines no logra librarse completamente de la influencia de la lógica-matemática, ya que admite la posibilidad de que los dos enfoques sean equivalentes.

Ahora bien, la posición extrema sobre la interrelación entre los enfoques sintáctico y semántico la defienden explícitamente da Costa y Mosterín. El primero plantea, por ejemplo:

Un error epistemológico y valorativo común consiste en creer que sólo una es la verdadera y aceptable. La concepción proposicional [sintáctica] es, básicamente, tan buena como la estructural [semántica], a pesar de las críticas que se le hacen normalmente. Así sucede con la objeción de que en la práctica no se puede axiomatizar de modo completo una teoría fuerte como la mecánica, que involucra geometría, cálculo diferencial, cálculo integral, etc. Se olvida, entonces, que se trata de una cuestión de principio, análoga a la de la formalización de la matemática tradicional y no se refiere al problema de si es ejecutable en la práctica¹²⁸.

Hay que comenzar destacando que da Costa (quien en este momento lidera un grupo con S. French) viene trabajando junto con sus

¹²⁷ Moulines [2002], p. 6.

¹²⁸ da Costa [1997] p. 184.

colaboradores en diferentes proyectos relacionados con el enfoque semántico. Así que esta predilección actual no es óbice para reconocer los supuestos méritos del enfoque sintáctico. Pero respecto a esto último, considero que en el presente escrito se han dado argumentos suficientes y de peso, especialmente en el capítulo 2, sobre las dificultades que enfrenta la concepción sintáctica y también se ha hecho otro tanto para sentar la viabilidad del semántico. De tal manera que todo esto deja al enfoque sintáctico en una situación muy desventajosa respecto al semántico. Pero aún más, a continuación se desarrolla lo que podríamos calificar como el principal argumento de van Fraassen contra la equivalencia entre los dos enfoques.

Por su parte, Mosterín a la hora de abordar la cuestión aquí planteada afirma:

Estos tres enfoques [sintáctico, semántico y pragmático] son compatibles entre sí y complementarios. La misma teoría puede considerarse alternativamente (y con provecho) desde los tres puntos de vista. De hecho, una teoría en sentido sintáctico determina la clase de sus modelos... Una clase de modelos determina el conjunto de las fórmulas (de cierto lenguaje formal) satisfechas en todos ellos, que puede considerarse como una teoría en sentido sintáctico¹²⁹.

Así que comienza en los mismos términos en que comienza da Costa, poniendo de relieve -no estrictamente la equivalencia de los dos enfoques- no sólo que los dos enfoques son igualmente buenos en el análisis de las teorías empíricas sino que además son

¹²⁹ Mosterín [1984], p. 212. De acuerdo con Mosterín «el enfoque pragmático de las teorías fue iniciado por Kolmogorov y Solomonov. Arroja luz sobre la función de las teorías como compresores de la información... Este enfoque concibe una teoría como un programa computacional». (*Ibid.*).

complementarios. Y esto porque proporcionan puntos de vista sobre lo mismo, puntos de vista que aunque diferentes se complementan. Pero a continuación plantea una idea más fuerte que la anterior, puesto que los dos enfoques ya no son diferentes sino que son equivalentes: de la forma sintáctica se puede pasar a la forma semántica, y viceversa.

Llegados a este punto, sólo resta presentar el argumento principal de van Fraassen contra la supuesta equivalencia de los dos enfoques y contra la idea de asimilar los modelos teóricos a modelos semánticos.

Parece claro que la razón que está detrás para defender la mencionada equivalencia es el teorema de completud de Gödel para la lógica de cuantificadores¹³⁰. Esto por lo menos lo dice van Fraassen explícitamente, en tanto que en el resto de autores sólo está implícito. Veamos, a grandes rasgos, en qué consiste esta razón tomando como guía lo que plantea van Fraassen en la cita anterior.

Si bien van Fraassen contrasta los dos enfoques en lo que tiene que ver con una “reconstrucción racional” del lenguaje, finalmente nos encontramos con que la diferencia clave entre ambos enfoques recae en la forma como podemos caracterizar una teoría (formal). Esto es, una misma teoría puede caracterizarse en términos sintácticos, a través de sus enunciados, o en términos semánticos, a través de sus modelos.

¹³⁰ Véase van Fraassen [1985b], p. 301.

En la teoría de modelos¹³¹ se comienza por definir una teoría como un conjunto de sentencias¹³² cerrado por la relación sintáctica de deducibilidad. Pero no todo conjunto de sentencias es una teoría. En términos más precisos, dado un lenguaje L de primer orden, T es una teoría en L si $T \subseteq \text{SEN}(L)$ y para cada $\varphi \in \text{SEN}(L)$ se cumple:

$$(1) \quad \text{si } T \vdash \varphi \text{ entonces } \varphi \in T$$

donde $\text{SEN}(L)$ es el conjunto de sentencias del lenguaje L y $T \vdash \varphi$ quiere decir que la sentencia φ es derivable (o deducible) a partir de T . Puesto que la relación de deducibilidad es una relación sintáctica podemos decir que (1) caracteriza lo que es una teoría formal en términos sintácticos o que es una caracterización sintáctica de teoría formal.

Ahora bien, por una parte el teorema de corrección del cálculo establece, en primer orden, que un cálculo (deductivo) es correcto si todo teorema lógico es una fórmula lógicamente válida. De manera más particular, si la sentencia φ es deducible a partir del conjunto de sentencias Γ , entonces φ también será consecuencia lógica de Γ . En símbolos,

$$\text{si } \Gamma \vdash \varphi \text{ entonces } \Gamma \models \varphi .$$

¹³¹ Para una introducción bastante completa a la teoría de modelos ver Mates [1965] y Manzano [1989].

¹³² Empleo aquí *sentencia* como equivalente a *fórmula (bien formada) cerrada*, lo que es lo mismo que *enunciado*, tal y como lo empleamos en los contextos técnicos de los capítulos anteriores. Esto lo hago así para mantener la uniformidad terminológica con los textos en que me baso para esta discusión (principalmente Manzano [1989]) y con las citas que vienen a continuación.

En tanto que, a la inversa, el teorema de completud establece, también en primer orden, que un cálculo es completo si toda fórmula lógicamente válida es un teorema lógico. Es decir,

$$\text{si } \Gamma \models \varphi \text{ entonces } \Gamma \vdash \varphi.$$

La conjunción de los dos teoremas establece, en primer orden, la equivalencia entre *deducibilidad*, que es una relación sintáctica, y *consecuencia*, que es una relación semántica. En otras palabras, establece la equivalencia entre la sintaxis y la semántica de un cierto lenguaje en el siguiente sentido, como dice Manzano: «la noción semántica de verdad selecciona de entre todas las fórmulas a aquellas que son verdaderas en todos los sistemas, y el cálculo deductivo a las que se deducen sin premisas en él»¹³³.

A partir del teorema de completud es fácil obtener la siguiente caracterización semántica de una teoría formal. Dado un lenguaje L de primer orden, T es una teoría en L si $T \subseteq \text{SEN}(L)$ y para cada $\varphi \in \text{SEN}(L)$ se cumple:

$$(2) \quad \text{si } T \models \varphi \text{ entonces } \varphi \in T$$

Esta caracterización de las teorías se califica de semántica porque está en términos de la relación semántica de consecuencia.

Abreviadamente se escribe $T \models \varphi$ para indicar que φ es consecuencia de T . Pero la relación de consecuencia se define a partir de la noción de modelo del siguiente modo: una sentencia φ es una consecuencia

de un conjunto de sentencias Σ , si cada modelo de Σ , lo es también de φ . En otras palabras, para cada sistema A se cumple que si para cada $\alpha \in \Sigma$: A es modelo de α , entonces A es modelo φ . Para sentar aún más estas ideas veamos lo que dice Tarski al respecto en *Contributions to the theory of models I* (1954):

Todo conjunto Σ de sentencias determina unívocamente una clase K de sistemas matemáticos; de hecho, la clase de todos los sistemas matemáticos en los que todas las sentencias de Σ son válidas. Algunas veces Σ es referido como sistema postulado para K y los sistemas matemáticos que pertenecen a K son llamados modelos de Σ ¹³⁴.

En resumen, el principal argumento que esgrimen los defensores de la equivalencia “en principio” del enfoque semántico con el sintáctico está relacionado con el teorema de completud; esto es, con la tesis de que, con las palabras finales de la cita de van Fraassen, “una teoría axiomática puede caracterizarse por la clase de interpretaciones que la satisfacen y una interpretación puede caracterizarse por el conjunto de oraciones que son satisfechas en esta”. Pero esto último es cierto si la teoría en cuestión es una teoría categórica.

Precisamente esta última condición es la pieza clave de la objeción de van Fraassen para establecer la equivalencia entre los dos enfoques, como veremos detalladamente a continuación. El argumento parte de una teoría empírica T caracterizada en términos semántico; esto es, como una clase de modelos (teóricos), a la cual podemos llamar M_T . A continuación supone que el continuo de los números reales R es

¹³³ Manzano [1989], p. 108.

¹³⁴ Tarski, A., *Ibid.*, p. 517.

uno de los objetos del universo de la teoría, lo cual desde luego es algo natural y nada improbable. Esto en cuanto a la forma de la teoría propuesta.

Ahora supongamos que nos ponemos en la tarea de formalizar, axiomatizar, la teoría propuesta. Para ello comenzamos por construir un lenguaje artificial L cuidadosamente formalizado y seleccionar un conjunto de axiomas A entre las oraciones de este lenguaje. A continuación podemos considerar los modelos del lenguaje L , los cuales no son más que estructuras relacionadas con una determinada sintaxis del lenguaje mediante una función interpretación. Pero no estamos interesados en todos los modelos de L sino únicamente en aquellos modelos que satisfacen el conjunto de axiomas A ; por tanto, llamemos a este conjunto especial de modelos (semánticos) M .

¿Qué relación hay entre M_T y M ? Puesto que M es el resultado de un proceso de formalización de la teoría T , es de esperar que M contenga por lo menos cada una de las estructuras que pertenecen a M_T , pero sujetas a una o más interpretaciones de la sintaxis de L . Hasta aquí no hay nada extraño, la pega viene con el continuo de los números reales R , ya que M debe contener un modelo infinito de R ; y si M tiene un modelo infinito entonces, por los teoremas de Löwenheim-Skolem, M contiene muchos modelos no estándar, estructuras no isomorfas con uno o más miembros de M_T . M no es una teoría categórica. Por tanto, concluye van Fraassen:

No damos, en nuestra teoría axiomatizada, con una nueva descripción de M_T que sea precisa y más tratable, etc., etc. Desde luego, no estoy diciendo

que la presentación de una teoría por parte de un científico no pueda ser formalizada. Pero si digo que si después de formalizada descartamos lo original y nos concentramos en los patrones abstractos aislados (el destilado formal, por así decir), hemos perdido la teoría.¹³⁵

En síntesis, podemos admitir que M es una muy buena formalización de la teoría T , pero de ninguna forma esto significa que M pueda reemplazar completamente a T . En el mejor de los casos, la utilidad de M puede radicar en que con ayuda de la misma T nos permita “comprender” o “interpretar” mucho mejor algunas partes de T .

Considero que los resultados anteriores nos permiten sacar una conclusión más: los modelos de M_T no son modelos en el mismo sentido en que los son los modelos de M . Si M pudiera reemplazar a M_T a todos los efectos, esto es si M fuera equivalente a M_T tendríamos una muy buena razón para admitir que los modelos de M_T son modelos en el sentido semántico. Puesto que no es así, hay que concluir que los M_T coinciden con los M en que son estructuras matemáticas abstractas, pero difieren en que los M_T no cumplen la condicional adicional de una estructura para ser un modelo en sentido semántico: satisfacer un conjunto de enunciados de un lenguaje formalizado.

En otras palabras, para van Fraassen «los modelos son estructuras matemáticas llamadas modelos de una teoría sólo en virtud de

¹³⁵ van Fraassen [1985b], p. 302. van Fraassen complementa este argumento, en este mismo artículo, analizando si los conjuntos M y M_T son o no son conjuntos elementales. He dejado por fuera este argumento complementario porque no añade mayor cosa al presentado.

pertenecer a la clase definida de los modelos de esa teoría»¹³⁶ y nada más, no hay ninguna dependencia lingüística o, mejor aún, sintáctica entre las estructuras definidas y los enunciados a través de los cuales se definen dichas estructuras. Esto último es la razón principal por la cual van Fraassen no equipara el significado de *modelo teórico* con el de la semántica formal.

Este punto me parece muy importante -de ahí el peso que ha tenido en el presente capítulo- porque es común caer en el error de asimilar los modelos teóricos con los semánticos. Esto también le sucede a R. Giere quien plantea:

Sugiero llamar “modelos teóricos” a los sistemas idealizados de que tratan los textos de mecánica o, cuando el contexto sea claro, llamarlos simplemente “modelos”. Esta sugerencia se aviene adecuadamente a la manera como los científicos usan este término (del que tal vez se haya abusado). Incluso esta terminología coincide convenientemente con el uso de los lógicos para quienes un modelo de un conjunto de axiomas es un objeto o un conjunto de objetos que satisfacen los axiomas¹³⁷.

Creo que la supuesta confusión en la que caen Suppes, Giere y los estructuralistas radica en que si bien es cierto que podemos decir que un modelo teórico satisface ciertos enunciados o axiomas (aquellos que permiten describir o identificar el conjunto de modelos al cual pertenece), hay que tener claro que el sentido aquí de “satisface” es trivial y no técnico, es decir, no se acoge estrictamente a los cánones de la lógica. Y esto porque, estrictamente hablando, no cabe hablar de modelo semántico (en el sentido de la semántica formal) fuera de un

¹³⁶ van Fraassen [1989], p. 366.

¹³⁷ Giere [1988], p. 79.

lenguaje formal y porque las teorías empíricas no pueden axiomatizarse sin pérdida dentro de un lenguaje formal, tal y como se demostró anteriormente. En síntesis, considero que el estructuralismo, Suppes y Giere caen en una extrapolación innecesaria.

Haciendo una interpretación menos fuerte de los planteamientos de Suppes, Giere y los estructuralistas en este respecto, podríamos concluir, si nos atenemos más al espíritu que a la letra de sus planteamientos, que en últimas no estarían de acuerdo con equiparar el significado de *modelo teórico* con el de *modelo semántico*, coincidiendo así con lo que van Fraassen piensa al respecto. Aún más, pienso que hay otra razón de peso para sostener esta idea: el hecho de que éstos filósofos de la ciencia también comparten y defienden la idea de que el conjunto particular de enunciados (un lenguaje particular) a través de los cuales se presenta una teoría tiene una función secundaria en la identidad de una teoría.

Para finalizar, cito un aparte de una carta de 1987 que le enviara P. Suppes a F. Suppe, el cual recoge su propia interpretación de lo que pretendía con su artículo de 1961. La esencia del escrito, de acuerdo con Suppes, «era preguntar sobre la posibilidad de tener el mismo tipo de claridad fundamental acerca del empleo del concepto de modelo en la ciencia que el que es posible en matemáticas, cuando se adopta el punto de vista de Tarski, e intento decir que fundamentalmente la respuesta es sí»¹³⁸.

¹³⁸ Citado por Suppe [1989], p. 9.

Desde luego que estas palabras contrastan con las que citamos en un comienzo, en estas últimas ya no nos dice que el significado de modelo en la ciencia es el mismo que el de modelo en la lógica-matemática, que es el punto de vista de Tarski. Pero igualmente hay algo muy importante que compartimos desde el inicio y que ha sido una constante en el presente capítulo: la necesidad de tener claridad sobre el concepto de modelo teórico.

CAPITULO 5
MODELOS DE DATOS:
OBSERVABLES Y TERMINOS NO-TEORICOS

5.1. Introducción

En este capítulo se ahonda en el contraste entre las formas como el estructuralismo y van Fraassen caracterizan los modelos de datos o, si se quiere, las aplicaciones intencionales y los fenómenos observables, respectivamente. Lo interesante de ahondar en tal contraste es que nos encontramos con dos concepciones distintas sobre la evaluación de las teorías o, lo que para el caso es lo mismo, fundamentación de las teorías empíricas. A la del estructuralismo la podemos llamar coherentista y a la de van Fraassen, utilizando su propia terminología, empirista posfundamentista¹³⁹. En tanto que el punto de vista de van Fraassen es bien conocido (aunque no por este nombre), en relación con el estructuralismo hay que decir que lo normal es considerarlo neutral en cuestiones epistemológicas. De modo que la tesis que defenderé es que no hay tal neutralidad epistemológica por parte del

¹³⁹ Esta expresión la utiliza el mismo van Fraassen para establecer principalmente «el contraste con las variedades de empirismo identificadas como el último bastión del fundamentismo en epistemología». (van Fraassen [1993], p. 6). Las principales tesis asociadas con este empirismo posfundamentistas no coinciden con las del empirismo constructivo, como tendremos oportunidad de ver más adelante, aunque

estructuralismo en lo relacionado con la fundamentación de las teorías, sino que más bien algunos de sus planteamientos llevan a pensar que apoya cierta forma de coherentismo.

Debido a esta tendencia a asociar al estructuralismo con un programa neutral en cuestiones epistemológicas, tendremos que dedicar especial atención a sus distintos planteamientos sobre los modelos de datos, las aplicaciones intencionales. El problema de la neutralidad epistemológica es acuciante especialmente en dos cuestiones de interés para nosotros: el debate realismo/empirismo y la evaluación de las teorías. De la primera cuestión ya hemos dicho algo, lo cual ampliaremos un poco más en el tercer numeral, 5.3. *Las aplicaciones intencionales*, en tanto que podríamos decir que la segunda cuestión es el foco de atención del capítulo y es objeto de un cuidadoso análisis en el quinto apartado, 5.5. *Fundamentismo y coherentismo*.

5.2. Los fenómenos observables

Comienzo directamente por resaltar que para van Fraassen un sistema empírico real no es más que, en términos más gráficos y comunes, un fenómeno observable. Ahora bien, este asunto de caracterizar de un modo apropiado y preciso lo que se entiende por fenómeno observable es bastante delicado, objeto actualmente de importantes debates y críticas por parte de quienes rechazan el empirismo

podríamos decir que el primero hace parte del segundo, mientras que lo inverso no

constructivo de van Fraassen; pero aquí sólo vamos a presentar los aspectos más importantes de su propuesta.

Para van Fraassen las teorías no son simples instrumentos que nos permiten desenvolvernó en el mundo, sino que estas buscan, de un modo u otro y entre otras cosas, dar razón de la experiencia fenoménica que tenemos del mundo. Y esta experiencia fenoménica, que es muy variada, es la que englobamos bajo la expresión “fenómenos observables”; por tanto, de acuerdo con van Fraassen, el objetivo de las teorías científicas es salvar los fenómenos (*salvar las apariencias*), los cuales desde luego son de por sí observables.

Ahora bien, en pocas palabras, los fenómenos observables son, en general, para van Fraassen los sucesos, procesos y estados de cosas observables, los cuales en particular dentro de la actividad científica pueden describirse mediante los informes experimentales y de medición. Pero debido a que los fenómenos se caracterizan como observables es necesario establecer conceptualmente muy bien la dicotomía observable/inobservable.

La distinción observable/inobservable es bastante polémica ya que para algunos no se puede trazar, en tanto que para el programa de van Fraassen se convierte en una tarea prioritaria. Para sacar adelante esta tarea, van Fraassen comienza dejando claro que estas dos categorías se aplican a objetos, sucesos y procesos, en tanto que el otro par de

se tiene.

categorías teórico/no-teórico -con las que en ocasiones incorrectamente se combinan las primeras- se aplica a las palabras o a los conceptos, tal y como hace correctamente el estructuralismo; por tanto, se comete un error categorial al hablar de, por ejemplo, términos observables y de objetos teóricos. Todas las palabras y expresiones son teóricas puesto que su empleo depende de un lenguaje, un lenguaje «históricamente condicionado, [que] ha adoptado cierta estructura mediante un desarrollo histórico y, de manera más específica, mediante el desarrollo de teorías científicas (y otras)»¹⁴⁰.

De acuerdo con van Fraassen, no hay tal conexión necesaria y biunívoca entre, por una parte, las palabras y expresiones de un lenguaje y, por la otra, el mundo exterior, por ejemplo, tal y como pensaban los empiristas lógicos que sucedía con las proposiciones protocolares. De modo que en concordancia con lo que se dijo sobre los fenómenos observables, el hecho de admitir la distinción observable/inobservable no significa que van Fraassen esté defendiendo un fundamentismo o realismo ontológico de tipo metafísico de acuerdo con el cual el mobiliario del mundo está dado independientemente de todo. Así que su concepción sobre los fenómenos observables no puede identificarse con la idea de los positivistas lógicos de “lo directamente observable” ni tampoco coincide con la idea de “hechos brutos y crudos”. En otras palabras, su propuesta se opone al Mito de lo Dado y parte de reconocer que no

¹⁴⁰ van Fraassen [1993], p. 13.

hay juicios teóricamente neutros, epistémicamente seguros y que se auto legitimen.

Como puede verse, entonces, los fenómenos no remiten a experiencias sin ninguna elaboración o a resultados de observación completamente descontaminados o a cosas por el estilo. En este punto van Fraassen nos recuerde que «Patrick Suppes hace mucho tiempo enfatizó que las teorías no se confrontan contra los datos brutos y crudos. Un reporte experimental ya es una representación selectiva y refinada, un “modelo de datos” como él los llama»¹⁴¹.

Para van Fraassen el término “observable” tiene un carácter antropocéntrico puesto que éste de algún modo hace referencia a nuestras limitaciones como seres humanos. Este carácter antropocéntrico también se encuentra en palabras como “frágil” y “portátil”, las cuales empleamos en un sentido relativo y no absoluto. Decimos que las copas de vino son frágiles y que hay ordenadores que son portátiles a sabiendas que los bebés no pueden cargar un ordenador portátil y pueden romper una copa de vino.

Precisando aún más, van Fraassen plantea, inspirándose en la teoría pragmática de la observación de Feyerabend, que el organismo humano puede entenderse como una cierta clase de aparato que permite realizar mediciones de diferentes tipos y es estrictamente en este sentido que nuestro organismo tiene ciertas limitaciones que le

¹⁴¹ van Fraassen [1997], p. 523.

son inherentes. De modo que, de acuerdo con van Fraassen, si podemos observar o no algo, equivalente más o menos a la cuestión de si una persona puede funcionar como un detector de la presencia de ese tipo de cosa, esto es, como un aparato de medición en el sentido de la física. Así pues, las distintas propiedades y funciones de la *observación*, en el sentido general del término y para nosotros, son las de la observación humana (también en sentido general) y por tanto en principio no describen peculiaridades de uno u otro individuo particular ni distinciones entre ellos. Además, parte de la labor de ciencias como la física y la biología consiste en describir en forma detallada estas limitaciones; aún más, como dice van Fraassen: «si alguien intenta forjar opiniones acerca de qué es exactamente lo que es observable, yo lo animaría a que se apoyase en la fisiología, la psicología y la ciencia empírica en general y que para nada les preguntase a los filósofos»¹⁴².

Otra idea importante de van Fraassen sobre la observación es que esta es independiente de cualquier teoría, la cual se encuentra en contravía con la tesis bien conocida de la carga teórica de la observación o el relativismo de Kuhn-Feyerabend¹⁴³. Así que, teniendo en cuenta lo anterior, podemos concluir que su concepción se localiza en una posición intermedia entre el empirismo radical de los positivistas lógicos y este tipo de relativismo epistémico. El mismo van Fraassen

¹⁴² van Fraassen [1993], 20.

¹⁴³ Puesto que este no es el contexto para hacer un análisis pormenorizado de lo que Kuhn y Feyerabend plantearon al respecto, me acojo a lo que van Fraassen dice de dicha tesis: «el nombre es bastante común y se refiere a la inspiración que floreció donde se oyó». (van Fraassen [1993], p. 13).

llama a esta concepción *empirismo posfundamentista*, el cual no hay que confundir con el empirismo constructivo. Podríamos decir que el dogma del primer tipo de empirismo es la independencia teórica de la experiencia¹⁴⁴, en tanto que el del segundo, recordémoslo, es que el éxito de las teorías consiste en la adecuación empírica.

Ahora bien, en lo que sigue sólo voy a presentar lo básico de la idea de van Fraassen de la independencia teórica de la observación, ya que el objetivo central de este capítulo tiene que ver directamente con la controversia acerca de la carga teórica de la observación dentro del contexto particular de lo que podemos considerar dice al respecto el estructuralismo y lo que dice van Fraassen. Todo esto se trata a fondo en el apartado 5.5. *Fundamentismo y coherentismo*.

Para lograr lo anterior voy a concentrarme en el análisis que hace van Fraassen de la distinción entre *observar* y *observar que*, pues considero que además de ser bastante gráfica y elocuente, permite aclarar varias cosas a la vez en relación con el tema de la observación.

Una idea importante sobre la que normalmente se sostiene la tesis de la dependencia teórica de la observación es que no podemos referirnos a las cosas fuera de un lenguaje. Lo cual es enteramente cierto. Pero parece que este comentario no tiene que ver estrictamente con *observar* sino con *observar que*, así que es importante analizar mejor tal distinción. Para esto, van Fraassen nos propone un ejemplo

¹⁴⁴ Véase van Fraassen [1993], p. 6.

bastante gráfico, el del hombre de la Edad de Piedra¹⁴⁵, el cual también permite comprender el carácter antropocéntrico de la observación.

Supongamos que a un hombre de la Edad de Piedra se le muestra una pelota de tenis o se le hace presenciar un choque de automóviles. Desde luego que el hombre no hablará de lo acontecido empleando términos como “pelota de tenis” y “automóvil” puesto que su lenguaje no cuenta con tales expresiones y porque además dicha información no la puede obtener a través de lo que ha observado. Así que es correcto concluir entonces que el hombre no ve *que* el objeto es una pelota de tenis, ni ve *que* el suceso es un choque de automóviles. Pero no es correcto concluir que no ve un objeto, una pelota de tenis, ni ve un suceso, un choque de automóviles.

Que esto último no es así lo podemos comprobar mediante el comportamiento del hombre que de un modo u otro nos dice que ha observado el objeto y el suceso. De ahí que van Fraassen concluya: «decir que él no ve las mismas cosas y acontecimientos que nosotros es simplemente tonto: es un retruécano que se vale de la ambigüedad entre ver y ver que... Por tanto, decir que *x* observó la pelota de tenis no implica en lo más mínimo que *x* observó que era una pelota de tenis; [eso requeriría algún conocimiento conceptual del juego de tenis]»¹⁴⁶. El carácter antropocéntrico de lo que es observable radica, en este ejemplo, en que el hombre de la Edad de Piedra y el hombre

¹⁴⁵ Véase van Fraassen [1980], p. 15.

actual están dotados de órganos semejantes de tal manera que estos permiten distinguir un objeto de otro y un suceso de otro, aunque desde luego el modo como nos refiramos a ellos depende del lenguaje del que disponemos.

En pocas palabras, el hecho de que sólo podamos hablar del mundo desde un lenguaje o un esquema conceptual o algo por el estilo, no puede llevarnos a borrar la distinción entre lenguaje y mundo. Como dice van Fraassen: «los conceptos involucran teorías y son inconcebibles sin ellas, para parafrasear a Sellars. Pero la inmersión en la imagen teórica del mundo no impide “poner entre corchetes” sus implicaciones ontológicas»¹⁴⁷

Un último comentario sobre los fenómenos observables tiene que ver con una condición importante que debe darse para que puedan relacionarse con una teoría o, a la inversa, para que una teoría pueda contrastarse con ellos. El requisito es que los fenómenos reales, los modelos de datos, tienen que describirse en términos de los parámetros relevantes de los modelos teóricos para efectos de poder comparar unos con otros. Tener en cuenta este aspecto es especialmente importante en lo que tiene que ver con la evaluación empírica de las teorías, con la confrontación de las teorías con la experiencia, con una experiencia cuidadosamente elaborada. Así por ejemplo, para contrastar la mecánica clásica no elegimos como sistema empírico *cualquier cosa que se mueva*, por así decirlo, más

¹⁴⁶ van Fraassen [1980], p. 15.

bien decimos que tenemos un sistema empírico apropiado para el caso si viene descrito mediante determinados valores para parámetros como, por ejemplo, posición, velocidad, masa y fuerza.

Esta idea se hace más clara en relación con la aserción empírica de una teoría, la cual propone una relación específica entre un fenómeno observable y uno de los modelos teóricos de la teoría. Pero hay que tener presente que en la aserción empírica no sólo importa este tipo de relación estructural entre modelos teóricos y modelos de datos, además de esto se supone que los modelos teóricos a través de sus distintos parámetros representan a los fenómenos observables. De tal manera que en dicha función representacional no sólo importa la estructura de los modelos de datos sino también los términos (los parámetros) mediante los cuales se identifican y estos parámetros relevantes están contenidos en la definición o caracterización de los modelos teóricos¹⁴⁸.

5.3. Las aplicaciones intencionales

En el capítulo 3, apartado 3.4. *Estructuralismo: Núcleo teórico y aplicaciones intencionales*, se abordaron las principales cuestiones

¹⁴⁷ *Ibid.*, p. 81.

¹⁴⁸ Con las palabras de van Fraassen: «así, en la afirmación de adecuación para una teoría importa algo más que la estructura de los fenómenos. El modelo de datos no es importante en sí mismo, sino en relación con su papel de representación de los fenómenos... La afirmación de adecuación es respecto a la estructura de los

relacionadas con las aplicaciones intencionales de una teoría. Estas tenían que ver principalmente con:

- 1) la necesidad de introducirlas en la identidad de una teoría empírica;
- 2) su proximidad conceptual con lo que solemos llamar de un modo genérico *experiencia* o *fenómenos*;
- 3) la determinación de su extensión, que no puede fijarse de un modo preciso;
- 4) el modo de identificarlas, lo cual hay que hacer mediante términos T-no-teóricos y no mediante *observables*;
- 5) relacionado con lo anterior, cómo hacen parte de la base de contrastación de una teoría;
- 6) la forma como aparecen en la aserción empírica de una teoría.

En lo que sigue profundizaremos en los puntos 4), 5) y 6).

Comencemos por resaltar que de acuerdo con el estructuralismo el dominio de aplicaciones intencionales también hace parte de la identidad de una teoría porque sólo a través de éste podemos saber de qué trata la teoría, y que el conjunto de aplicaciones intencionales de una teoría dada coincide en general con aquellos fenómenos “externos” a los cuales se pretende aplicar los conceptos y leyes de la teoría. Además, mediante estos conceptos y leyes queda determinado el conjunto de modelos actuales de la teoría.

Ahora bien, cada una de estas aplicaciones intencionales no hay que verlas en un sentido absoluto sino respecto a una teoría o a un grupo

fenómenos reales descritos en términos de los parámetros relevantes de la teoría»

de teorías. Precisando, igual que en la concepción de van Fraassen, las aplicaciones intencionales no corresponden a experiencias duras y crudas, a experiencias independientes de cualquier conceptualización o teoría, sino que más bien a experiencias que son resultado de elaboraciones conceptuales en las que intervienen conceptos ya disponibles, conceptos que son externos a la teoría en cuestión y que por tanto se les llama conceptos no-teóricos en relación con dicha teoría.

Precisemos algunos detalles en relación con la distinción T-no-teórico/T-teórico y el modo como se relaciona con la caracterización de las aplicaciones intencionales. El estructuralismo rechaza la dicotomía teórico/observacional del empirismo lógico aduciendo razones muy semejantes a las dadas por van Fraassen, tal como vimos más arriba. Entre estas razones cabe destacar que dicha distinción es ambigua y que realmente contiene dos distinciones: observable/inobservable y T-no-teórico/T-teórico. Tal y como decíamos antes, la primera se aplica a objetos, sucesos y procesos, y la segunda a conceptos o términos.

Este punto constituye el origen de lo que considero es la principal divergencia entre el estructuralismo y la concepción de van Fraassen, tal y como tendremos la oportunidad de mostrar a lo largo de este capítulo. Esta divergencia se origina porque de acuerdo con el estructuralismo la primera distinción es la importante y de interés en

(van Fraassen [1997], p. 524).

el estudio de la estructura de las teorías, mientras que van Fraassen se inclina por la segunda, como veíamos en el anterior apartado. Aún más, me parece que esta divergencia es radical en el sentido que las dos vertientes son irreconciliables, tal y como tendremos la oportunidad de observar más adelante. Por ahora sólo vale mencionar que así es porque, entre otras cosas, ambas distinciones no coinciden ni intensional ni extensionalmente.

El estructuralismo tiene dos formas de presentar el criterio de T-teoricidad, esto es, el criterio que permite calificar a un término de no-teórico o de teórico en relación con una teoría particular. Uno un tanto impreciso, que se centra en el significado del término en cuestión y el otro más riguroso que se centra en los procesos de determinación del término. En cuanto al primero:

Hay conceptos en M_p que parecen estar especificados por la estructura conceptual de la teoría T en cuestión, en el sentido en que su significado depende de T . A estos conceptos los llamamos T -teóricos. Por el contrario, otros conceptos en M_p tienen un significado independiente de T , por ejemplo, ellos pueden estar determinados por otras teorías -subyacentes. A estos conceptos los llamamos T -no-teóricos¹⁴⁹.

Ahora en términos de los procesos de determinación: «se dice que un concepto t es teórico relativo a la teoría T (o sólo T -teórico) si y sólo si toda determinación de (una relación perteneciente a) t en una

¹⁴⁹ Balzer, Moulines y Sneed [1987], p. 40. En otros términos: «los términos T -teóricos se conciben como aquellos cuyo significado viene determinado exclusivamente por la teoría T misma a la que pertenecen, de modo que, para acotar su referencia, hay que presuponer la validez de las leyes de T ; en cambio, los términos T -no-teóricos pueden venir determinados por medios ajenos a T y, por lo tanto, constituyen la base empírica de contrastación de T » (Moulines [1991b], p.275).

aplicación de **T** presupone la existencia de al menos un modelo actual de **T**»¹⁵⁰. En los análisis posteriores sólo tendremos en cuenta esta última forma del criterio de teoriedad relativamente a una teoría dada y al planteamiento estructuralista que establece la distinción relativa entre términos teóricos y no-teóricos lo llamaremos *tesis estructuralista de T-teoriedad*.

Ahora bien, ¿qué hemos de entender por procedimiento de determinación? Determinar un concepto significa establecer si este se aplica o no a un objeto específico. Si el concepto es cuantitativo, significa determinar el valor de la magnitud para el objeto particular. En general, se habla del procedimiento de determinación del valor de una magnitud física y a grandes rasgos corresponde a todo aquello involucrado en el proceso de medición para determinar dicho valor bajo ciertas circunstancias.

¿Qué forma precisa tendría la condición de T-no-teoriedad? Creo que no es simplemente la negación del criterio de T-teoriedad. El criterio de T-no-teoriedad no puede ser: un término es T-no-teórico si no cumple el criterio de T-teoriedad; puesto que se estaría afirmando que un término sería T-no-teórico si al menos uno de sus procedimientos de determinación es independiente de T, dejando la posibilidad de que hayan procedimientos de determinación

¹⁵⁰ Balzer, Moulines y Sneed [1987], p. 55. O como se enuncia unas páginas antes: «un concepto cuya determinación suponga algún tipo de medición será llamado teórico con respecto a la teoría T si todos los métodos de medición supuestos en su determinación tienen que concebirse como modelos de T o como presuponiendo algún modelo de T» (Balzer, Moulines y Sneed [1987], p.50).

dependientes de T. Pero si este fuera el caso, se produciría una asimetría, bastante indeseable, entre los términos en general. Veamos por qué. Se parte de que todos los conceptos son teóricos, aunque sean relativamente teóricos, luego esta propiedad los hace estar a todos en igualdad de condiciones en este respecto. De modo que, en general, ¿por qué mientras que para unos conceptos *todos* sus procedimientos de determinación dependen de una misma teoría, para otros sus distintos procedimientos de determinación dependen de dos o más teorías? O todos moros o todos cristianos. O, de otra forma, sea *t* un concepto T-no-teórico, entonces será, por ejemplo, T'-teórico, esto es, teórico respecto a la teoría T'. Por tanto todos sus procedimientos de determinación dependen de T'. Por tanto, considero que el criterio de T-no-teoricidad sería: un término es T-no-teórico si todos sus métodos de determinación dependen de una y sólo una teoría T' diferente de T.

Veamos un ejemplo, consideremos los distintos conceptos contenidos en la mecánica clásica MC, tales como posición, tiempo, velocidad, aceleración, masa y fuerza. De acuerdo al criterio funcional de teoricidad podemos ver que masa y fuerza son conceptos propios de MC, estos son introducidos por MC; de modo que estos dos conceptos son MC-teóricos. Por su parte, los tres conceptos restantes no se introducen a través de MC, aunque hace uso de ellos. Estos son propios de la cinemática clásica CC y por tanto son MC-no-teóricos y CC-teóricos.

Ahora podemos precisar mejor que las dos distinciones T-no-teórico/T-teórico y observable/inobservable no coinciden extensional ni intensionalmente. Como dice J. A. Díez:

Las distinciones “T-no-teórico/T-teórico” y “observacional/no-observacional” no coinciden, ni intensional ni extensionalmente. Mientras que la primera distinción es local, relativa a las teorías (un T-concepto puede ser T-no-teórico y al mismo tiempo ser T-teórico), la última es global... La T-teoricidad tiene que ver con la T-dependencia de los métodos de determinación, independientemente de si estos métodos son o no son “observacionales”¹⁵¹.

No coinciden en extensión porque hay términos T-no-teóricos que refieren a entidades inobservables, por ejemplo ‘masa’ es un término no-teórico en la estequiometría pero la masa es una cantidad no-observable¹⁵². Y a la inversa, hay términos T-teóricos que refieren a entidades observables (nuevamente un ejemplo personal pero de inspiración estructuralista), por ejemplo ‘velocidad’ y ‘fuerza’ son términos teóricos en la cinemática clásica y la mecánica clásica respectivamente y se refieren a cantidades *observables*¹⁵³ debido a que la velocidad y la fuerza son propiedades relacionales de entidades observables y porque la velocidad la podemos medir a través de, por ejemplo, un velocímetro y de un modo semejante podemos medir, por ejemplo, fuerzas gravitacionales como el peso a través de, digamos, una báscula.

¹⁵¹ Díez [2002], p. 15. Pérez Ransanz también dice al respecto: «aquello que no es teórico con respecto a una teoría no es necesariamente observable (en ningún de los sentidos)». (Pérez Ransanz [1985], p. 11).

¹⁵² Véase Díez [2002], p. 15.

¹⁵³ La expresión ‘cantidades observables’ la recojo de van Fraassen (véase van Fraassen [1980], p. 60). Debo decir que no me parece muy afortunada, me parece más adecuada ‘cantidades observacionales’ así como correctamente se dice

Pasemos ahora a precisar mejor el modo como se relacionan los puntos 4) y 5) mencionados al inicio. Esto es, que las aplicaciones intencionales hay que identificarlas mediante términos no-teóricos y que estas hacen parte de la base de contrastación de una teoría. De manera más precisa, puestas las cosas al derecho, la razón por la que hay que presentar las aplicaciones intencionales de una teoría dada T en términos T-no-teóricos es porque precisamente la evaluación de la teoría o la contrastación de la teoría con *la experiencia* se hace a través de las aplicaciones intencionales. Veamos esto más de cerca. En otras palabras:

La distinción entre conceptos específicos de una teoría T dada y conceptos no específicos de T... está estrechamente relacionada con la cuestión de cómo podemos proporcionar una “base empírica” para una teoría, es decir, un cuerpo de conceptos por medio del cual la teoría pueda ser controlada o por medio del cual podamos averiguar cuándo la teoría funciona correctamente y cuándo no. La “base empírica” de una teoría T dada debería incluir aquellos conceptos que, en un sentido aún no precisado, son *no* específicos de T¹⁵⁴.

Una vez admitido que para que un sistema empírico cuente como una aplicación intencional de una teoría dada tiene que caracterizarse en términos de la teoría, puesto que de otra manera no sería posible relacionarlo de ninguna manera con el núcleo teórico, la pregunta que surge aquí es: ¿por qué el sistema empírico tienen que identificarse únicamente mediante términos no-teóricos? o, en otras palabras, ¿qué problema hay en identificarlo mediante parámetros teóricos? El estructuralismo responde a estas cuestiones del siguiente modo.

“términos observacionales”, términos que refieren a observables, y no “términos observables”.

La razón principal es que si las aplicaciones intencionales se caracterizan mediante términos relativamente teóricos entonces estas presuponen la teoría, por tanto, si no queremos caer en un círculo vicioso, no pueden ser la piedra de toque para la teoría misma. En otras palabras, si la determinación de todos los conceptos contenidos en una aplicación intencional supusiera siempre la validez de la teoría, esta sería *a priori* válida, por lo tanto no sería una teoría empírica. Precisando, los sistemas empíricos a los cuales se pretende aplicar el núcleo teórico deberán ser conceptuados como estructuras del tipo de los modelos parciales de la teoría y no como estructuras del tipo de los modelos potenciales. Es decir, las aplicaciones intencionales son estructuras que son compatibles con el núcleo teórico pero no presuponen la validez de la teoría en cuestión.

Veamos cómo se aplica lo anterior a la mecánica clásica. Los sistemas empíricos que conforman la base empírica de contrastación de esta teoría (las aplicaciones intencionales) tienen que caracterizarse mediante términos MC-no-teóricos, a través de conceptos como posición, tiempo, velocidad y aceleración. Por tanto, estos sistemas pueden llamarse correctamente sistemas cinemáticos, descripciones en las que sólo intervienen parámetros espaciotemporales, y los modelos parciales serán entonces descripciones puramente cinemáticas de los sistemas mecánicos. En síntesis, el campo de aplicaciones intencionales de la mecánica clásica es un conjunto de tales descripciones cinemáticas.

¹⁵⁴ Balzer, Moulines y Sneed [1987], p.48.

En resumen, la presentación de las aplicaciones intencionales de una teoría se hace mediante conceptos que son teóricamente dependientes de teorías subyacentes a la teoría dada y no propiamente de la teoría en cuestión. Pero aquí vale arriesgar una tesis la cual espero sustentar en lo que resta del capítulo. Considero que una de las ideas que promueve la concepción estructuralista de *aplicación intencional* es la dependencia teórica de la experiencia. Precizando aún más esta afirmación, el estructuralismo niega que haya cosas tales como *experiencias puras* y más bien apoya la tesis de la carga teórica de la experiencia, esto es, la idea de que toda experiencia es teóricamente dependiente. Hay que reconocer que estas dos ideas conforman precisamente una de las tesis mejor consolidada de la filosofía de Kuhn y Feyerabend, la cual representa en últimas el triunfo de esta filosofía contra uno de los principios básicos del empirismo lógico. Podemos decir que el estructuralismo recoge esta tesis del modo siguiente: un primer paso lo da a través de su criterio de T-teoricidad y el último al aplicar el criterio a su noción de aplicación intencional, que es la que me parece contiene en concreto y a su manera la tesis de la dependencia teórica de la experiencia¹⁵⁵.

Para terminar, una corta reflexión para comparar los *fenómenos observables* de van Fraassen y *las aplicaciones intencionales*

¹⁵⁵ Este particular vínculo entre Kuhn y el estructuralismo lo expresa J. A. Díez así: «Kuhn (1993) explícitamente respalda una distinción similar a T-teórico/T-no-teórico que se retrotrae a los trabajos fundacionalistas de Sneed (1971) (cf. fn.17) del estructuralismo y menciona como una de sus ventajas el "acabar con la equivalencia aparente entre 'observacional' y 'no-teórico'" (p. 333)» Díez [2002], p. 43, nota 3.

estructuralistas. Me parece que comparten varias cosas de interés e igualmente difieren en muchas otras, pero considero que entre estas diferencias sólo hay una de importancia en el estudio de la estructura de las teorías. Esto es, en general, podemos decir que los unos equivalen a los otros pero con la diferencia importante de que mientras los primeros están caracterizados en términos de observables los segundos lo están en función de términos T-no-teóricos. Lo cual en últimas equivale a afirmar que los primeros son independientes teóricamente, en tanto que los segundos no lo son.

Las similitudes están, por ejemplo, en que *fenómenos observables* y *aplicaciones intencionales* tienen que ver con lo que solemos describir con términos como: experiencia, fenómenos, experiencia fenoménica, datos de la experiencia, etc. También se asemejan en estos otros puntos: no remiten a una experiencia sólida y desnuda, son resultado de elaboraciones conceptuales y tienen que describirse mediante los parámetros de la teoría.

Abordemos finalmente el último punto: la forma como aparecen las aplicaciones intencionales en la aserción empírica de una teoría o, en términos más generales, la forma como el estructuralismo resuelve el problema de la aplicación de la verdad a las teorías empíricas. Me parece conveniente comenzar con la crítica que hace van Fraassen al estructuralismo a este respecto.

Un instrumentalista tendría que decir que la expresión aparente de una actitud doxástica hacia una teoría es elíptica: “creer la teoría T” el tendría que construirla como “creer que la teoría T tiene ciertas cualidades”. En realidad existe un punto de vista semejante sobre las teorías científicas,

debido especialmente a Sneed, Moulines y Stegmüller. Ellos contrastan su “concepción no enunciativa” y la tradicional “concepción enunciativa”... La “concepción no enunciativa” elimina estas tensiones [las presentes en la “concepción enunciativa”] insistiendo en que una teoría ni siquiera es el tipo de cosa de la que propiamente pueda decirse que es verdadera o falsa.¹⁵⁶

El foco de la crítica consiste en que el estructuralismo caería en una concepción instrumentalista de las teorías al implicar que la verdad no es aplicable a las teorías empíricas. Y la fuerza del argumento de van Fraassen que lleva a calificar de instrumentalista a la concepción estructuralista está en que el estructuralismo también se presenta como “concepción no-enunciativa” de las teorías y en lo que se deriva de ello.

Pero lo cierto es que hay un malentendido por parte de van Fraassen, el cual se origina, creo yo, por ceñirse exclusivamente a lo que se puede derivar del membrete “concepción no-enunciativa”. Esto es, de acuerdo con el estructuralismo, una teoría no tiene nada que ver con enunciados; por tanto, no cabe calificar una teoría de verdadera o falsa. Pero su implicación deja de lado muchos aspectos relacionados con el estructuralismo. A continuación transcribo buena parte de la respuesta de Moulines a esta crítica, en la que se observa además la manera como desde el estructuralismo se recuperan las actitudes doxásticas o epistémicas de los científicos hacia las teorías:

Esta caracterización [como "concepción no-enunciativa" de las teorías] ha llevado a algunos críticos (quienes al parecer sólo conocen de este enfoque que ha sido llamado "concepción no-enunciativa") a descartarlo inmediatamente como un punto de vista grotesco, al sostener: la ciencia no haría ninguna afirmación sobre el mundo, esta no constaría de

¹⁵⁶ van Fraassen [1989], p.190. Lo del paréntesis es mío.

cosas verdaderas o falsas -lo cual es obviamente absurdo. Desde luego, esta interpretación de la concepción estructuralista proviene de un grave malentendido. Este enfoque no dice que en la ciencia empírica no se hacen afirmaciones. Sólo dice que no es conveniente ver las teorías como clases de enunciados sino más bien como clases de estructuras; pero desde luego, la señal de la ciencia empírica es que tales clases de estructuras están esencialmente asociadas con una clase particular de enunciados sobre el mundo: la así llamada *aserción empírica* de la teoría; y esto es algo que es verdadero o falso y que tiene que contrastarse con la experiencia.

Desde un punto de vista estructuralista, toda teoría expresada en términos modeloteóricos tiene asociada una aserción empírica y si bien la forma general de dicha aserción no es nada complicada, el contenido de la misma sí lo es. La aserción empírica de una teoría tiene la siguiente forma: $I \in C_n(T)$, en donde $C_n(T)$ representa el contenido teórico de T ; y este sostiene que el dominio de aplicaciones intencionales I del elemento teórico $T = \langle K, I \rangle$ puede subsumirse bajo (o incluirse en) el núcleo K . Con el ánimo de profundizar más en el contenido fundamental de la aserción empírica, en lo que viene a continuación sólo tendré en cuenta una forma aproximada de la misma. «De acuerdo con el estructuralismo la “aserción empírica central” de una teoría es (en una primera aproximación): un determinado dominio I , conceptualizado como M_p , puede subsumirse bajo M . Esta aserción es un enunciado, que puede ser verdadero o falso y tiene contenido empírico»¹⁵⁷

Ahora bien, ¿qué hay que entender por “el dominio I puede subsumirse bajo M ”? Esto significa aproximadamente que las leyes de la teoría pueden aplicarse a los sistemas empíricos representados

¹⁵⁷ Moulines [2002], p. 7.

en I . En otras palabras, significa que para todo $i \in I$, dado que es un modelo potencial parcial, se puede expandir mediante la adjudicación de términos T -teóricos apropiados a un modelo potencial que cumple las leyes de T , es decir, a un modelo actual. En otras palabras, la pregunta anterior equivale a preguntarnos ¿qué significa que una teoría tenga éxito al aplicarse a un sistema empírico particular? Pues, en pocas palabras, que el sistema es expansible a un modelo potencial que es un modelo actual de la teoría.

Como puede observarse, estas distintas respuestas están dadas en términos de relaciones entre estructuras, esto es, en términos modeloteóricos. Pero, ¿podremos decir lo mismo en términos menos técnicos, pero igualmente precisos, empleando por ejemplo un término como “verdad”? Creo que sí. Para ello procederé estableciendo un paralelo con el empirismo constructivo de van Fraassen.

En el empirismo constructivo el objetivo de la ciencia no es la verdad como tal, sino sólo la adecuación empírica. Y la adecuación empírica no es más que la verdad restringida a los fenómenos observables. De manera más precisa, una teoría es empíricamente adecuada si lo que dice sobre las cosas, procesos y sucesos observables en este mundo es verdadero. Así que, ¿qué significa que una teoría sea adecuada respecto a un sistema empírico particular? En términos modeloteóricos: que el sistema es isomorfo a una subestructura

empírica de un modelo teórico; y en términos de verdad: que es verdadero lo que dice la teoría sobre este sistema particular.

Ahora bien, pasando al caso estructuralista, si una teoría se aplica exitosamente a un sistema empírico determinado, ¿será que podemos concluir lo mismo (que es verdadero lo que dice la teoría sobre este sistema)? Lo más semejante a esto que nos dice el estructuralismo es que el sistema satisface las leyes de la teoría, ¿querrá decir esto que las leyes son verdaderas en este sistema? Considero que esta afirmación la podemos interpretar justamente diciendo que el sistema se comporta de acuerdo a las leyes de la teoría o, en otras palabras, que es verdadero lo que dice la teoría, de acuerdo con sus leyes, sobre este sistema particular. Pero aún siendo esto así, no podemos concluir que el estructuralismo defienda un empirismo semejante al de van Fraassen, y esto precisamente porque las dos concepciones difieren en la forma de entender o caracterizar al mencionado sistema empírico: una vez más, para el estructuralismo el sistema está descrito en términos no-teóricos y para van Fraassen lo está en términos de observables.

5.4. Neutralidad epistemológica

¿Por qué hablar de neutralidad epistemológica? En el *capítulo 3* introducimos un criterio metodológico que permite distinguir las consideraciones estructurales de las consideraciones epistemológicas

con el propósito de delimitar aquellos elementos determinantes en la individuación de las teorías, de tal manera que estos elementos sólo tengan que ver, en principio, con cuestiones puramente estructurales en el análisis de las teorías. En otras palabras, lo que buscamos con este criterio no sólo es clasificar en las distintas componentes de la estructura de una teoría en *estructurales* y *no- estructurales* (epistémicas) sino también intentar determinar hasta dónde es posible que el estudio de la estructura de las teorías se mantenga neutral en un sentido epistemológico.

Decíamos en el *capítulo 3* que apuntamos hacia cuestiones puramente estructurales cuando nos ocupamos estrictamente de los elementos principales que componen la estructura de una teoría y a sus relaciones mutuas determinantes. En tanto que abordamos cuestiones epistemológicas cuando proponemos una concepción particular sobre el mundo (o algún aspecto relacionado con él) o, de manera más particular, sobre el objetivo de la ciencia.

Pues bien, en la presente discusión la importancia del criterio metodológico no radica tanto en decantar aquellos aspectos estrictamente estructurales de una teoría, pues esto precisamente fue lo que se hizo en el *capítulo 3* (el cual también se apoya en parte en las reflexiones de los dos numerales anteriores) sino que su importancia tiene que ver con la segunda componente de la distinción propuesta por el criterio: los elementos en los cuales aparecen compromisos epistemológicos. En nuestro caso esta segunda

componente está relacionada con el análisis de las cuestiones epistemológicas involucradas en la caracterización de los modelos de datos por parte de los estructuralistas y van Fraassen.

Como ya habíamos advertido, el debate realismo-empirismo en los términos en que actualmente se da tiene que ver con distinciones epistemológicas que surgen por modos distintos de entender *la relación* entre dos partes: una clase de modelos teóricos y un modelo de datos. Pero hay que tener muy claro que se parte de aceptar que no hay ningún tipo de discrepancia en cuanto a la forma como quedan caracterizadas estas dos partes; en otras palabras, realistas y empiristas (constructivos) están de acuerdo en los términos en que se identifican ambas partes de la relación, las discrepancias tienen que ver con el tipo de relación que se admite. Esto lo deja muy claro van Fraassen en la siguiente reflexión que encabeza todo el debate realismo-empirismo de *The Scientific Image*:

Existen profundos desacuerdos filosóficos acerca de la estructura general de las teorías científicas y la caracterización general de su contenido. Una opinión corriente, no del todo libre de controversia pero todavía generalmente aceptada, es que las teorías dan razón de los fenómenos (lo cual significa los procesos y las estructuras observables) postulando otros procesos y estructuras no accesibles directamente a la observación, y que un sistema de cualquier tipo es descrito por una teoría en términos de sus estados posibles. Esta es una opinión acerca de la estructura de las teorías compartida por muchos filósofos que, sin embargo, discrepan en las cuestiones concernientes a la relación de una teoría con el mundo y con sus usuarios¹⁵⁸

Primero, aquí van Fraassen considera que hay un punto de partida común en el realismo y en el empirismo constructivo: entender

¹⁵⁸ van Fraassen [1980], p.3.

“fenómenos” como “procesos y estructuras observables”. Esto suena bastante extraño, pero creo que no hay ningún error en esta interpretación. En otras palabras, el empirista constructivo y el realista deben coincidir en cuanto a los fenómenos observables: «en la imagen científica del mundo, incluso el realista científico debe observar la distinción entre los fenómenos [observables] y lo transfenoménico»¹⁵⁹. Ahora bien, esta posición de van Fraassen puede ser discutible, pero esto no es de mi interés en este momento. Lo importante es el gran contraste que se produce entre el estructuralismo por un lado y empirismo constructivo y realismo por el otro. Mientras que estos dos últimos están de acuerdo en caracterizar la experiencia en términos de observables, el estructuralismo lo hace de otro modo.

Segundo, van Fraassen incluye como parte de su concepción semántica de las teorías esta caracterización de los fenómenos, con lo que estarían completamente de acuerdo realistas y empiristas constructivos. Pero lo que hay que destacar es que no hay neutralidad epistémica en esta forma de caracterizar la *experiencia*, cosa que por ejemplo sí se tenía en cuanto a la relación entre modelos teóricos y modelos de datos.

Dos cosas hay que destacar en este lugar respecto a la filosofía de la ciencia de van Fraassen. En primer lugar, en sus planteamientos filosóficos hay que diferenciar su empirismo constructivo de su

¹⁵⁹ van Fraassen [1980], p. 59. Lo del paréntesis es mío.

concepción semántica de las teorías científicas. Desde luego que estas dos cuestiones están relacionadas, y lo están del siguiente modo: la primera posee un carácter filosófico más general y en buena medida se basa en la segunda; y la segunda cuestión tiene un carácter más particular, siendo independiente conceptualmente de la primera. Precisamente por esto último es que van Fraassen plantea que el enfoque semántico es neutral epistemológicamente; esto es, su empirismo constructivo no hace parte de su concepción semántica.

En segundo lugar, ¿en dónde radica el empirismo de van Fraassen? Considero que en dos puntos fundamentalmente: en la forma de caracterizar los fenómenos, al caracterizarlos como observables a través de una distinción (supuestamente) clara entre observables/inobservables; y en plantear que el éxito de la ciencia consiste en proponer teorías que sean empíricamente adecuadas, que “salven los fenómenos” (esto es, que entre la clase de modelos propuestos por una teoría exista un único modelo que subsuma los distintos fenómenos observables¹⁶⁰). Lo primero hace parte de su empirismo posfundamentista y lo segundo de su empirismo constructivo. Una vez más, se supone que realistas y empiristas constructivos comparten la tesis del empirismo posfundamentista: la independencia teórica de la experiencia. Valga aclarar que normalmente estos dos puntos no se suelen distinguir y, en algunos casos, se entienden como uno sólo.

¹⁶⁰ Así pues, el enfoque semántico de van Fraassen tiene un peso importante en los argumentos que sustentan su empirismo constructivo.

A primera vista uno diría que la fuerza del *empirismo constructivo* de van Fraassen se ubica en el primer punto, pero lo cierto es que se localiza en el segundo puesto que, una vez más, de acuerdo con él mismo las discrepancias entre realistas y empiristas tienen que ver esencialmente con el segundo punto.

Ahora bien, si existe un compromiso epistemológico por parte de van Fraassen al caracterizar la experiencia mediante observables, qué podemos decir sobre el estructuralismo. En el *capítulo 3* dijimos que el estructuralismo era neutral, pero respecto al debate empirismo-realismo. La cuestión ahora es diferente porque esta tiene que ver con los modelos de datos, con las aplicaciones intencionales. Considero que en este punto sí hay una apuesta epistemológica por parte del estructuralismo, una apuesta que entiendo no está explícita en ningún escrito estructuralista. La idea clave radica en entender que la distinción observable/inobservable y T-no-teórico/T-teórico están al mismo nivel epistemológico; es decir, en ambos casos se hace una apuesta en cuanto a caracterizar la base empírica de evaluación de las teorías. Aún más, creo que este tipo de distinción es, en principio, anterior a la distinción entre realismo y empirismo, como puede deducirse de lo dicho anteriormente.

Quisiera contrastar lo anterior y este resultado al cual acabamos de llegar con lo que plantea Diederich al respecto. Él por una parte afirma que: «la principal diferencia entre el empirismo constructivo y el estructuralismo es epistemológica. Mientras el estructuralismo es

básicamente neutral en este respecto (aunque a una aserción de una teoría también la llame, notoriamente, su “aserción empírica”), van Fraassen insiste en una noción absoluta de observabilidad (de entidades y no de términos)¹⁶¹. Con esto estoy completamente de acuerdo y sólo quisiera subrayar que aquí se está comparando no la concepción semántica de van Fraassen sino su empirismo constructivo.

Pero por otra parte, Diederich afirma lo siguiente:

Esta concepción [la de van Fraassen] comprende una dicotomía de entidades teóricas (no-observables) y observables que es análoga a la dicotomía teórico/no-teórico de Sneed. Esto lo compromete con una posición antirrealista (agnóstica) respecto a las entidades teóricas y, al mismo tiempo, con una posición empirista respecto a las entidades observables. Estas dos posiciones no tienen paralelo en el estructuralismo como tal; es decir, el estructuralismo en sí mismo es neutral epistemológicamente, aunque el estructuralismo tiende a ser empirista¹⁶²

Aquí encontramos dos comparaciones, una que tiene que ver con las entidades inobservables y por tanto con el antirrealismo de van Fraassen; otra relacionada con su empirismo respecto a las entidades observables y por tanto con su empirismo posfundamentista. Así que estoy de acuerdo en que la primera posición no tiene contraparte en el estructuralismo, ya que esta afirmación coincide en lo esencial con lo que Diederich dice en la primera cita. Pero no estoy de acuerdo en lo que tiene que ver con el segundo paralelo porque lo cierto es que la contrapartida estructuralista de la distinción observable/inobservable es la distinción T-no-teórico/T-teórico. Ambas distinciones arriesgan

¹⁶¹ Diederich [1996], p. 18.

¹⁶² Diederich [1996], p. 17.

una posición epistemológica que se hace evidente especialmente en la evaluación o contrastación de las teorías.

La pregunta interesante que surge ahora es ¿cómo calificar esta postura epistemológica del estructuralismo? Retomando un término empleado por los estructuralista, yo diría que el estructuralismo desemboca en un *coherentismo*. El siguiente numeral tiene como única tarea darle contenido, forma y soporte a la anterior afirmación.

5.5. Fundamentalismo y coherentismo

La tesis que se quiere defender en este punto tiene que ver con el tema de la fundamentación de las teorías empíricas o, en términos más neutrales, la evaluación de las teorías empíricas, y plantea que ciertos análisis del estructuralismo conllevan a una concepción coherentista de la evaluación de las teorías o a un coherentismo respecto a la fundamentación de las teorías. Dichos análisis tienen que ver particularmente con dos puntos relacionados con las aplicaciones intencionales: el hecho de que éstas se caractericen en función de términos no-teóricos y el hecho de que constituyan la base empírica de contrastación de las teorías empíricas.

Pasemos entonces a analizar cómo finalmente la propuesta estructuralista desemboca en un coherentismo. En concreto, una vez más, considero que son dos las tesis estructuralistas las que en últimas

están involucradas en esta cuestión: una, que las aplicaciones intencionales de una teoría quedan descritas únicamente en función de términos que son teóricos respecto a otra teoría distinta a la dada y, dos, la contrastación *empírica* de una teoría se establece a través de sus aplicaciones intencionales. Como puede apreciarse, estas dos tesis aparecen en el tratamiento de un tema muy particular: la evaluación de las teorías o la justificación del éxito de las teorías empíricas. Veamos cómo se presenta todo esto en un caso concreto, aunque bastante simplificado.

Partamos de una teoría T_0 que desde un punto de vista estructuralista calificamos de exitosa; de manera más particular, y para simplificar, digamos que T_0 tiene éxito al aplicarse a un determinado sistema empírico (fenómeno, experiencia), esto es, a una específica aplicación intencional i_0 . De modo que la cuestión particular que nos interesa analizar, desde una perspectiva estructuralista, es en qué fundamentamos el éxito de T_0 o, en términos más particulares, conocer el mecanismo que nos permite justificar el éxito de T_0 .

Por ejemplo, la respuesta a estas cuestiones desde el empirismo lógico podría expresarse a grandes rasgos del siguiente modo: T_0 es una teoría exitosa porque i_0 representa una experiencia *pura* (un fenómeno directamente observable que no ofrece ninguna duda y que por tanto nos proporciona un conocimiento seguro) y T_0 da cuenta de esta experiencia porque sus predicciones en este punto, a partir principalmente de sus leyes, concuerdan con i_0 . Así pues, en el

empirismo lógico, la experiencia, y en particular este tipo de experiencia, es la piedra de toque de las teorías empíricas.

Las cosas en el estructuralismo no son tan sencillas y directas, ya que, de acuerdo a como entiendo la propuesta estructuralista en este punto, para comenzar sólo tenemos asegurada la segunda de las dos cosas anteriores. Esto es, puesto que T_0 tiene éxito al aplicarse a i_0 , podemos admitir que T_0 da cuenta de i_0 en el sentido en que i_0 puede expandirse a un modelo potencial que cumple las leyes de T_0 (es decir, a un modelo actual) mediante la introducción de términos T_0 -teóricos apropiados, pero por el momento no tenemos garantizado un conocimiento seguro en relación con i_0 , un conocimiento que tenga una certeza semejante a la relacionada con la experiencia directa, tal y como lo plantean los empiristas lógicos. No se tiene este tipo de garantía, plantea el estructuralismo, precisamente porque la descripción de i_0 depende de otra teoría distinta a T_0 .

Por tanto, y para comenzar, con el propósito de justificar el éxito de T_0 , desde una perspectiva estructuralista, no es suficiente con decir que T_0 da cuenta de i_0 sino que es necesario hacer explícito que esto es así teniendo presente que i_0 está descrita mediante términos T_0 -no-teóricos o, de manera más exacta, con términos que son teóricos respecto a otras teorías. Para simplificar aún más, supongamos que para la descripción de i_0 se requiere únicamente del término t_0 ; así que t_0 es T_0 -no-teórico y teórico respecto a una teoría (digamos T_1) subyacente a T_0 , de tal manera que la determinación de t_0 se hace a

través de las leyes de T_1 . Así pues, en busca de una justificación de T_0 encontramos que esta depende de otra teoría T_1 , aunque en un primer momento parecía que esta dependía sólo de i_0 ; de modo que en este punto parece que nos encontramos ante una regresión infinita o un círculo vicioso.

Entraríamos en una regresión infinita si con el propósito de justificar el éxito de T_0 nos vemos forzados a justificar el éxito de T_1 y para justificar el de esta última tenemos que recurrir a justificar el de una tercera teoría T_2 y así sucesivamente. En otras palabras, como antes, para justificar el éxito de T_1 podemos partir de que T_1 tiene éxito al aplicarse a la aplicación intencional i_1 y suponer además que en la descripción de i_1 sólo empleamos el término t_1 que es T_1 -no-teórico y, digamos, T_2 -teórico. De modo que la fundamentación de T_0 resulta dependiendo de T_2 porque la fundamentación de T_1 depende de T_2 y así sucesivamente.

Enfrentaríamos un círculo vicioso si vistos en la necesidad de justificar el éxito de T_1 , ya que T_1 hace parte de los elementos que permiten justificar el éxito de T_0 , recurrimos para ello a T_0 o a cualquier otra teoría cuya fundamentación en últimas dependa de T_0 o T_1 . Desde luego que desde un principio excluimos estas dos posibilidades como explicaciones posibles del proceso de fundamentación de las teorías científicas puesto que nos proporcionan una imagen totalmente contradictoria y por tanto imposible de darse en la actividad científica. Además también podemos concluir que la

fundamentación empirista al estilo del positivismo lógico queda excluida no ya porque sea en principio contradictoria sino porque concibe la experiencia de un modo bastante simple y, en últimas, de una manera nada adecuada.

Pero aún quedan otras dos alternativas. Una que podemos calificar de fundamentismo apriorista y otra de coherentista, las cuales se obtienen eludiendo la regresión infinita y el círculo vicioso, respectivamente. El proceso de justificación del éxito de T_0 se puede dar por terminando en una teoría T_a que tendría un carácter *a priori*, esto es, que se autojustificaría independiente de cualquier otra teoría o conocimiento. Una primera objeción que se le puede hacer a esta alternativa es que para evitarnos tantas vueltas podríamos adjudicarle dicho carácter *a priori* a la misma teoría inicial T_0 o a cualquier otra teoría anterior ya que no tenemos ningún criterio que nos permita distinguir las entre sí en este sentido. Esta alternativa también es problemática a la hora de proporcionar una solución a la evaluación de las teorías porque no tenemos criterios epistémicos que permitan justificar este carácter *a priori*, si acaso se podrían esgrimir criterios psicológicos, sociológicos o de cualquier otro tipo.

Considero que se obtendría una posición coherentista al hacer desaparecer lo *vicioso* del *círculo vicioso*, esto es, si en vez de pedir una justificación de T_0 mediante T_1 sólo se exige que T_0 sea coherente con T_1 , dando por sentado que T_1 es coherente con el resto de teorías existentes; más concretamente, en términos estructuralistas, que lo

que dice T_0 sobre i_0 no es contradictorio con la descripción que hace T_1 de i_0 y T_1 es coherente con sus teorías subyacentes en este mismo sentido. Es de aclarar que el tipo de coherentismo del que aquí se trata no es un coherentismo interno, que la teoría no sea autocontradictoria, lo cual se da por sentado, sino de un coherentismo global, que la teoría no sea contradictoria con el resto de teorías con las cuales está relacionada.

Ahora bien, en primer lugar, pienso que esta posición coherentista es plausible en un primer momento, tal y como se deduce de lo que se acaba de decir, pero creo que vista más de cerca puede ser inadecuada para representar el proceso de evaluación de las teorías empíricas, precisamente por ser *empíricas*. En segundo lugar considero que el estructuralismo desemboca en un coherentismo de este tipo porque de las distintas alternativas examinadas en la argumentación anterior la única que es totalmente compatible con los presupuestos estructuralistas es la coherentista. Y en tercer lugar me gustaría precisar un contraste entre una posición empirista, de carácter general, y la posición estructuralista: la alternativa empirista puede perfectamente compartir la tesis estructuralista de que las aplicaciones intencionales miden de algún modo el éxito de una teoría pero no estaría de acuerdo con la idea de que calificar la descripción de una aplicación intencional de correcta o incorrecta esté supeditado a una segunda teoría, para éste el que una aplicación sea correcta o incorrecta tiene que ver directamente con la experiencia, no con una teoría. Así que vale la pena dejar en claro que el estructuralista se

aleja en este punto de una posición empirista. En lo que sigue examinamos más de cerca estas tesis, ampliando y profundizando más en el argumento principal presentado antes, pero a la luz de determinados planteamientos estructuralistas.

Los estructuralistas no sólo tienen conocimiento de la existencia de argumentaciones como la anterior sino que estructuralistas como Balzer, Moulines y Sneed desarrollan una argumentación semejante e incluso más completa (mejor dicho, yo me he inspirado en su argumentación al desarrollar algunos puntos de la mía) a la hora de abordar el tema de la estructura global de la ciencia y discutir las distintas concepciones posibles al respecto, en particular el fundamentismo y el coherentismo. Pero, digámoslo de una vez, la conclusión a la que llegan es que el estructuralismo como programa filosófico es neutral en lo que tiene que ver con la fundamentación de la ciencia, lo cual desde luego va en contravía de la tesis que he planteado en el párrafo anterior.

El mencionado estudio se realiza dentro del contexto de lo que es un holón teórico y se emprende en el último apartado de *An Architectonic for Science*, “VIII. 6 Foundationalism versus coherentism”. La conclusión anterior se aprecia de manera muy especial en las palabras finales que cierran dicho apartado y que curiosamente corresponden al último párrafo de *An Architectonic for Science*:

Concluimos esta discusión anotando que lo que nosotros podemos decir hasta el momento es que el coherentismo muestra *a priori* algunas ventajas

de tipo conceptual sobre el fundamentismo. Su principal desventaja respecto al último es que psicológicamente parece más difícil de asimilar, pero parece que es más fácil de defender desde un punto de vista metodológico. No obstante, enfatizamos que este último comentario de ninguna manera tiene el propósito de decir la cuestión. Después de todo la cuestión de cuál es el correcto, si el fundamentismo o el coherentismo, no puede responderse sobre fundamentos puramente *a priori*, pues depende de un análisis cuidadoso de mucho más material del que nosotros hemos sido capaces de reconstruir hasta ahora¹⁶³.

Así pues, hemos de concluir que de acuerdo con Balzer, Moulines y Sneed su pretensión en este análisis sólo es de carácter descriptivo, presentar las distintas concepciones posibles sobre la estructura global de la ciencia, y de ninguna manera defender una particular concepción entre las posibles. A continuación reconstruyo los aspectos más destacados de este análisis con la idea de mostrar que sus mismos argumentos llevan a la conclusión, contraria a lo que ellos mismos plantean, de que determinadas tesis del estructuralismo son compatibles con un coherentismo.

Ellos comienzan por presentar dos alternativas viables sobre la estructura global de la ciencia o, en los términos que veníamos hablando, sobre la evaluación de las teorías: el fundamentismo en general y el coherentismo. Al analizar el primero se encuentran con un fundamentismo empirista y con que bajo ciertas circunstancias «el fundamentismo resulta ser completamente similar a su oponente, el coherentismo»¹⁶⁴, esta última afirmación la prefiero entender como haciendo referencia a un fundamentismo apriorista que no sería lo

¹⁶³ Balzer, Moulines y Sneed [1987], p. 423.

¹⁶⁴ *Ibid.*, p. 417.

mismo que el coherentismo, puesto que este último es un coherentismo de carácter global en tanto que si hablamos de coherentismo en el primero sería de un coherentismo interno, más local. En resumen, nos encontramos nuevamente con tres alternativas: fundamentismo empirista, fundamentismo apriorista y coherentismo. Veamos qué dicen al respecto Balzer, Moulines y Sneed, sin profundizar demasiado en ciertos conceptos técnicos introducidos por ellos.

Ellos principian por subrayar que la definición que presentan de aplicación intencional de un elemento teórico que pertenece a un holón teórico parece encerrar un círculo vicioso o llevar a una regresión infinita:

Una objeción más fundamental contra la definición *DVIII-11* es que esta parece involucrar un regreso infinito o un círculo vicioso. Para “definir” $I^*(T)$ necesitamos conocer con anterioridad todos los conjuntos $I^*(T_i)$ para todos los T_i que tienen vínculos interpretativos con T . Para conocer todos estos $I^*(T_i)$ tenemos nuevamente que aplicar *DVIII-11* y mirar todos aquellos elementos teóricos T_j en N que tienen vínculos interpretativos con T_i y tenemos que conocer los conjuntos respectivos $I^*(T_j)$ de sus aplicaciones intencionales. Y así sucesivamente.¹⁶⁵

Aquí partimos de un holón teórico $H = \langle N, \lambda \rangle$ que consiste en un conjunto N de elementos teóricos relacionados por vínculos interteóricos arbitrarios. Se tiene que $T \in N$ y $T = \langle K(T), I^*(T) \rangle$, de modo que $I^*(T)$ es el conjunto de aplicaciones intencionales de T respecto a H . Para el presente caso sólo nos interesa un tipo de vínculos interteóricos, los vínculos interpretativos. Intuitivamente un

¹⁶⁵ *Ibid.*, p. 409.

vínculo interpretativo determina un término no-teórico de un elemento teórico, en el sentido en que proporciona la interpretación apropiada de éste¹⁶⁶. Los vínculos interpretativos tienen la propiedad de desembocar siempre en modelos actuales de la teoría subyacente y no son reversibles. De tal manera que, por ejemplo, el valor $\lambda(T, T')$ de la función parcial λ representa el vínculo interpretativo de T con el elemento teórico T' . Esto último significa que existe un término T -no-teórico cuya interpretación es dada por T' .

Como en el caso estudiado de la teoría T_0 , podemos pensar en las distintas posibles configuraciones que forman conjuntamente un elemento teórico, sus diferentes vínculos interpretativos (vínculos primarios) con sus elementos teóricos subyacentes (primarios), los vínculos interpretativos (secundarios) de estos últimos con sus respectivos elementos teóricos subyacentes (secundarios) y así sucesivamente. Nos encontramos nuevamente con cinco posibilidades bastante parecidas a las encontradas en el ejemplo de la teoría T_0 : una regresión infinita, un círculo vicioso, una fundamentación empirista, una fundamentación apriorista y un coherentismo.

Las dos primeras posibilidades no son viables en principio, por las mismas razones dadas en el caso de T_0 . Los dos tipos de fundamentismo, el empirista y el apriorista, tendrían lugar cuando en la configuración mencionada encontramos elementos teóricos “últimos” que interpretan términos no-teóricos de otros elementos

¹⁶⁶ Véase *Ibid.*, p. 396.

teóricos a las cuales subyacen, pero cuyos términos teóricos no son interpretados por ningún elemento teórico. A estos supuestos elementos teóricos “últimos”, Balzer, Moulines y Sneed los llaman *elementos teóricos con fondo firme (bed-rock)* para la interpretación de **T** en **H**. De tal manera que en una fundamentación empirista la interpretación de por lo menos algunos términos (¿términos no-teóricos?) de los elementos teóricos con fondo firme la proporcionaría la “experiencia” o algo parecido. En tanto que en una fundamentación *a priori* dicha interpretación la proporcionaría la teoría misma o no sé qué otra cosa. La situación sería diferente en el coherentismo, ya que en este caso la configuración total del elemento teórico de partida con el resto de elementos (vínculos interpretativos primarios, secundarios, etc., y elementos teóricos subyacentes primarios, secundarios, etc.) es la de una red sin cuerdas sueltas (sin elementos teóricos con fondo firme) que se “autosostiene” o, en otras palabras, una serie de “bucles” que se “sostienen” mutuamente.

Balzer, Moulines y Sneed describen del modo siguiente el fundamentismo empirista:

En nuestra comprensión del fundamentismo, esta concepción de la ciencia conllevaría un dogma empirista sólo si se añade una aserción sobre el contenido de los elementos teóricos con fondo firme (*bed-rock*). Por ejemplo, si uno dijera ya sea que el contenido empírico de los T_i^0 es “observación pura” o que inmediatamente “debajo” de los T_i^0 nos encontramos con la “experiencia pura” no conceptualizada, entonces, desde luego, tendríamos un fundamentismo empirista¹⁶⁷.

¹⁶⁷ *Ibid.*, p. 414.

Como puede deducirse por lo dicho, T_i^{ω} representa el conjunto de elementos teóricos con fondo firme. Dos observaciones: una, que el tipo de fundamentismo empirista que aquí se menciona es el del empirismo lógico y, dos, que desde una perspectiva como la empirista no es necesario llevar las cosas tan lejos, hasta un buen número de elementos teóricos con fondo firme, puesto que el mencionado vínculo se encuentra prácticamente desde un comienzo entre el elemento teórico **T** de partida y la supuesta experiencia “pura”.

Pasando ahora al segundo tipo de fundamentismo, veamos cómo argumentan los autores mencionados con el objeto de mostrar que si el conjunto de elementos teóricos de fondo firme no tienen ningún tipo de vínculo interpretativo (incluyendo en estos, en aras de la discusión, la experiencia “pura”) entonces caemos en un apriorismo¹⁶⁸.

Para comenzar, si partimos de que T^{ω} es un elemento teórico con fondo firme (que no tienen vínculo interpretativo) de la interpretación de **T** en **H** y de la tesis estructuralista de que el concepto de un término no-teórico tiene la misma extensión que el concepto del término determinado a través de un vínculo interpretativo, entonces debemos concluir que T^{ω} no tiene términos T^{ω} -no-teórico, lo que equivale a decir, desde una perspectiva estructuralista, que T^{ω} sólo contiene términos T^{ω} -teóricos.

¹⁶⁸ Lo que sigue es una reconstrucción de lo que se encuentra en Balzer, Moulines y Sneed [1987], pp. 416 y 417.

Ahora bien, ¿qué significa desde el estructuralismo que un elemento teórico \mathbf{T}^ω sólo tenga términos \mathbf{T}^ω -teóricos? Pues, en primer lugar, que $\mathbf{M}_{pp}(\mathbf{T}^\omega) = \emptyset$, ya que no hay términos \mathbf{T}^ω -no-teóricos; en segundo lugar, que $\mathbf{I}(\mathbf{T}^\omega) = \emptyset$ porque $\mathbf{I}(\mathbf{T}^\omega) \subseteq \mathbf{M}_{pp}(\mathbf{T}^\omega)$; y finalmente, puesto que en general la aserción empírica tiene la forma $\mathbf{I}(\mathbf{T}) \subseteq \mathbf{Cn}(\mathbf{T})$, entonces la aserción empírica de \mathbf{T}^ω resulta trivialmente verdadera porque siempre se tiene que $\emptyset \subseteq \mathbf{Cn}(\mathbf{T})$. Pero esto último sólo indica que siempre es posible adicionar cualquier término \mathbf{T}^ω -teórico sin alterar el valor semántico de la aserción empírica, pero con el inconveniente de que no sería informativo. Se mira entonces cómo cambiarían las cosas si se parte de $\mathbf{I}(\mathbf{T}^\omega) \subseteq \mathbf{M}_p(\mathbf{T}^\omega)$, lo cual considero debería entenderse como violación de una tesis estructuralista. Pero realmente las cosas no mejoran, ya que ahora el obstáculo está en que no se tiene ningún procedimiento para identificar las aplicaciones intencionales.

Pero la consecuencia más significativa del hecho de que todos los términos de \mathbf{T}^ω sean \mathbf{T}^ω -teóricos es que la base de la ciencia empírica resultaría un sistema de teorías totalmente *a priori*. Veamos cómo. Como todos los términos de \mathbf{T}^ω son \mathbf{T}^ω -teóricos, entonces todos los métodos de determinación de estos términos presuponen la validez de las leyes de \mathbf{T}^ω . Representemos por $\mathbf{M}^*_m(\mathbf{T}^\omega)$ la clase de todos los métodos de determinación de los distintos términos de \mathbf{T}^ω , de modo que tiene que cumplirse $\mathbf{M}^*_m(\mathbf{T}^\omega) \subseteq \mathbf{M}(\mathbf{T}^\omega)$. Esto último significa que

no es posible poner en duda la validez de las leyes de T^{ω} mediante los procedimientos de determinación, por precisos que estos sean, de los parámetros de T^{ω} ni, por tanto, a través de la determinación de los términos que aparecen en los elementos de $I(T^{\omega})$ -cualquiera que ellos puedan ser. Pero dado que estos son los únicos procedimientos posibles para determinar la validez o no de las leyes de T^{ω} , tenemos que concluir que sus leyes son infalsables.

De modo que el único tipo de dificultad que puede tener T^{ω} es de carácter interno, algo así como un “conflicto interno” que puede radicar en la inconsistencia entre sus leyes, cuando $M(T^{\omega}) = \emptyset$, o en que las leyes sean incompatibles con las restricciones, cuando $Cn_i(T^{\omega}) = \emptyset$. Lo destacable en los dos casos es que para encontrar algún tipo de inadecuación de T^{ω} sólo hay que mirar hacia su interior sin tener presente ningún otro tipo de conocimiento, esto es, sólo nos interesa la consistencia interna de T^{ω} . Por tanto, T^{ω} descansa en un fundamento puramente *a priori*; es decir, sus afirmaciones son falsas sólo si inconsistentes y son verdaderas *a priori*. De modo que en la imagen de la estructura global de la ciencia que nos proporciona un fundamentismo apriorista se tiene que, como concluyen los autores mencionados, «los elementos teóricos con fondo firme de la ciencia empírica tendrían exactamente el mismo estatus epistemológico que un sistema formal de la lógica»¹⁶⁹.

¹⁶⁹ *Ibid.*, p. 417.

Pero llegados a este punto debo plantear que no sólo estoy de acuerdo con la afirmación débil de que el estructuralismo en este asunto de la fundamentación de las teorías científicas es neutral en lo que respecta *exclusivamente* a las concepciones empirista y apriorista sino que voy un poco más allá al plantear que el estructuralismo es incompatible con ambas. Esto porque en los dos casos se viola la siguiente tesis estructuralista: la identificación o interpretación de *cualesquiera* aplicación intencional de *todo* elemento teórico ha de hacerse a través de términos no-teóricos respecto al elemento teórico en cuestión pero teóricos respecto a elementos teóricos subyacentes. Esto sucede en la versión considerada del fundamentismo empirista al concluir que la interpretación de algunos términos de los elementos teóricos con fondo firme la proporciona la “experiencia” o algo parecido y de igual modo se presenta en el fundamentismo apriorista cuando se llega a la conclusión de que *todos* los términos de un elemento teórico con fondo firme son relativamente teóricos.

La importancia de esta tesis estructuralista y la función que desempeña en el presente análisis se detecta bastante bien en las siguientes palabras de Balzer, Moulines y Sneed:

Una objeción más fundamental contra la forma completa como hemos formulado la cuestión entre fundamentismo y coherentismo y, por tanto, la cuestión de la estructura global de la ciencia puede ser que nuestra explicación se sostiene en un presupuesto engañoso -que el dominio de aplicaciones intencionales de una teoría está “definido” o determinado por los vínculos interpretativos con otras teorías... Como una cuestión de hecho, desde el comienzo de la sección sugerimos el carácter hipotético de nuestra aserción de que las aplicaciones intencionales están determinadas por un tipo especial de vínculos con otras teorías. Sin embargo dos cosas pueden decirse en favor de esta hipótesis -un argumento inductivo y otro deductivo. El argumento inductivo es que en todos los ejemplos

reconstruidos hasta ahora, esta parece ser la manera más natural de comprender cómo se determinan las aplicaciones intencionales. El otro argumento es que es difícil ver cómo pueden determinarse de otra forma.¹⁷⁰

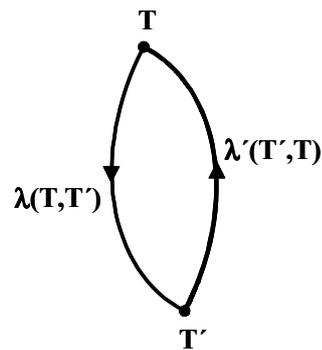
¿Qué del coherentismo? Pues mi objetivo en este punto es reconstruir el argumento desarrollado por estos autores para subrayar dos ideas clave: una, que a mi entender coincide con el objetivo de estos autores, que el coherentismo es una alternativa plausible en un primer momento, en el sentido en que no es contradictoria e intuitivamente no proporciona una imagen distorsionada de lo que pretende explicar; y, dos, que sería el punto en discordia, que el estructuralismo es compatible con una concepción coherentista respecto al tema de la fundamentación de las teorías.

Como decíamos anteriormente, en el coherentismo la estructura global de la ciencia semeja una red sin cuerdas sueltas que se “autosostiene” o una serie de “bucles” que se “sostienen” mutuamente. Con la idea de ilustrar este tipo de configuración, los autores eligen un caso concreto de la física que ilustra específicamente un “bucle” y que consiste en determinadas relaciones entre la mecánica del cuerpo rígido, la cinemática clásica y la geometría física. De acuerdo con estos autores es bastante plausible que las aplicaciones intencionales de la mecánica del cuerpo rígido estén determinadas por la cinemática clásica y que las aplicaciones de esta última estén en parte descritas por medio de la geometría física y que finalmente, cerrando el bucle, las aplicaciones intencionales de

¹⁷⁰ *Ibid.*, p. 422.

esta última lo estén por la misma mecánica del cuerpo rígido dado que la geometría física trabaja con sistemas que puedan concebirse como barras rígidas y cosas semejantes.

De acuerdo con esta ilustración parecería que nos estamos moviendo en un círculo vicioso ya que para determinar las aplicaciones intencionales de la mecánica del cuerpo rígido parece que tenemos que suponer que las leyes de la mecánica del cuerpo rígido son aplicables a estas. Pero lo cierto es que este tipo de paradojas pueden disolverse al hacer un análisis más detallado bajo los presupuestos estructuralistas. Para ello consideremos nuevamente un caso en abstracto y bastante simplificado: el de un único bucle.



Supongamos dos elementos teóricos T y T' , cada uno de ellos consistente internamente, es decir, $Cn_i(T) \neq \emptyset$ y $Cn_i(T') \neq \emptyset$. Además supongamos que T y T' forman un “bucle”, tal y como muestra la figura; es decir, T y T' están doblemente relacionados a través de dos vínculos interpretativos. Sean estos dos vínculos

$\lambda(\mathbf{T}, \mathbf{T}')$ y $\lambda'(\mathbf{T}', \mathbf{T})$, de modo que $\lambda(\mathbf{T}, \mathbf{T}')$ representa, dicho burdamente, la “interpretación parcial” que hace \mathbf{T}' de \mathbf{T} , lo cual significa exactamente que por lo menos existe un término \mathbf{T} -no-teórico cuya interpretación es dada por \mathbf{T}' .

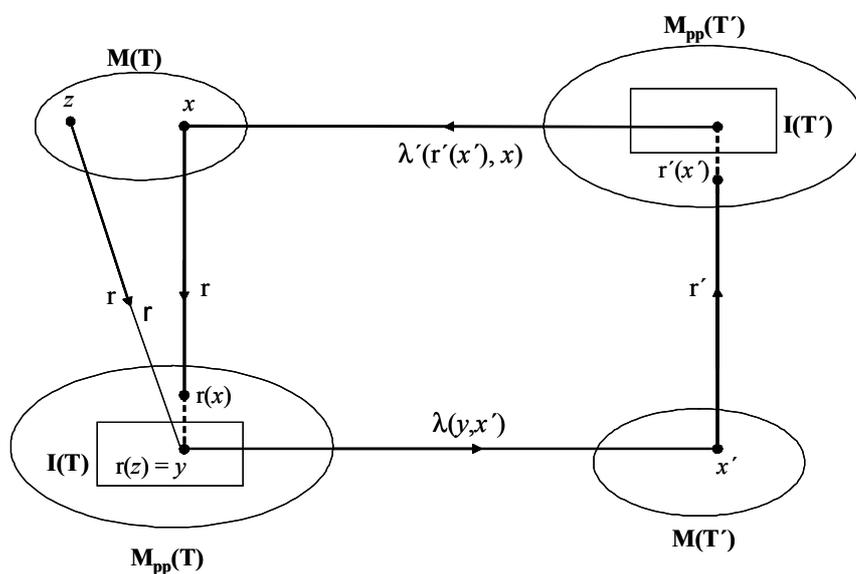
La argumentación que sigue busca mostrar que en principio no está garantizada la autodeterminación de cualquiera de los dos elementos teóricos del bucle¹⁷¹. Que un elemento teórico se autodetermine (gráficamente, que forme un bucle) significa que sus aplicación intencional no son incompatibles con sus modelos actuales o «en términos más formales, un bucle que sale de \mathbf{T} y llega a \mathbf{T} , significa que para cualquier sistema $y \in \mathbf{M}_{pp}(\mathbf{T})$, “ $y \in \mathbf{I}(\mathbf{T})$ ” implica que “hay un x tal que $x \in \mathbf{M}(\mathbf{T})$ ”»¹⁷².

Para comenzar, tomemos como guía la figura de abajo que muestra las relaciones existentes entre $\mathbf{M}(\mathbf{T})$, $\mathbf{M}_{pp}(\mathbf{T})$, $\mathbf{I}(\mathbf{T})$, $\mathbf{M}(\mathbf{T}')$, $\mathbf{M}_{pp}(\mathbf{T}')$ y $\mathbf{I}(\mathbf{T}')$. Si comenzamos con un elemento y de $\mathbf{I}(\mathbf{T})$ y llegamos nuevamente a y a través de las sucesivas conexiones $\mathbf{I}(\mathbf{T})$ - $\mathbf{M}(\mathbf{T}')$, $\mathbf{M}(\mathbf{T}')$ - $\mathbf{M}_{pp}(\mathbf{T}')$, $\mathbf{M}_{pp}(\mathbf{T}')$ - $\mathbf{I}(\mathbf{T}')$, $\mathbf{I}(\mathbf{T}')$ - $\mathbf{M}(\mathbf{T})$, $\mathbf{M}(\mathbf{T})$ - $\mathbf{M}_{pp}(\mathbf{T})$ y $\mathbf{M}_{pp}(\mathbf{T})$ - $\mathbf{I}(\mathbf{T})$, hemos de concluir que nos encontramos ante un círculo

¹⁷¹ La argumentación que viene no coincide con la original en todos sus detalles, ya que se concentra en los puntos principales de la misma y se toma la libertad de presentarla en términos un poco diferentes y empleando otros recursos con el ánimo de precisar e ilustrar algunos puntos de particular interés. Aunque no estoy del todo seguro que lo haya logrado. Lo importante a resaltar es que comparto las distintas conclusiones (excluyendo desde luego la que se está discutiendo) que se obtienen y estas son las que orientan la presentación.

¹⁷² *Ibid.*, p. 419.

vicioso o, más concretamente, que T se autodetermina, lo cual desde luego es inaceptable.



Sea la aplicación intencional $y \in I(T)$ y dado el vínculo $\lambda(T, T')$, entonces y está vinculada con T' a través de $\lambda(y, x')$, con $x' \in M(T')$. Si se cumple esto último entonces se tiene que $r'(x') \in M_{pp}(T')$, pero nada nos asegura que $r'(x') \in I(T')$ puesto que no todo modelo potencial parcial es una aplicación intencional. En aras de clarificar aún más la forma como T y T' están relacionados y para continuar el circuito, establezcamos como un primer supuesto que se tiene la relación anterior, esto es, $r'(x') \in I(T')$, lo cual equivale a suponer que $M_{pp}(T') = I(T')$.

Pero dado el vínculo inverso $\lambda'(T', T)$, particularmente podemos concluir que existe un $x \in M(T)$ tal que se tiene $\lambda'(r'(x), x)$. Aún más, como $x \in M(T)$, $r(x) \in M_{pp}(T)$, pero nuevamente nada nos asegura que $r(x) \in I(T)$. Por tanto, establezcamos como un segundo supuesto que $M_{pp}(T) = I(T)$ o, lo que es lo mismo, que $r(x) \in I(T)$

En síntesis, partimos de $y \in I(T)$ y llegamos a $r(x) \in I(T)$, introduciendo dos supuestos que no dejan de ser problemáticos. La pregunta que surge es ¿cuál es la relación entre y y $r(x)$? Hay que concluir que aún introduciendo los dos supuestos la igualdad $r(x) = y$ no está garantizada. El que se haya tenido que introducir estos dos supuestos y que aún así no se tenga la igualdad anterior, se debe a que «los vínculos interpretativos generalmente no son identidades modeloteóricas»¹⁷³. Por tanto, hay que concluir que T no se autodetermina.

Pero, ¿cómo interpretar el caso extremo $r(x) = y$? Balzer, Moulines y Sneed plantean al respecto que sólo si se supone que los vínculos interpretativos son identidades modeloteóricas se llega a la igualdad anterior, $r(x) = y$, y a continuación concluyen: «pero entonces también debería ser el caso que $x = x'$, es decir, $T = T'$ -así que podemos descartar completamente esta posibilidad»¹⁷⁴.

¹⁷³ *Ibid.*, p. 420

¹⁷⁴ *Ibid.*

Pero aún queda una opción más por indagar, $r(x) \neq y$. Es claro que en este caso también queda excluida la autodeterminación. Si $r(x) \neq y$, entonces existe un $z \in M(T)$ tal que $r(z) = y$. La cuestión ahora es: ¿cuáles son las relaciones posibles entre los dos modelos de datos x y z ? Estos dos modelos de datos pueden ser compatibles o incompatibles respecto a las condiciones de ligadura GC de T. Son compatibles si se cumple que $\{x,z\} \in GC$ y en caso contrario son incompatibles. En este último caso, «T enfrentaría un conflicto. Esta situación la podríamos interpretar, en cierto sentido, como un tipo de “falsación”, o al menos de “anomalía” en el sentido de Kuhn»¹⁷⁵, cuyo origen se encuentra en el bucle que forma T con otras teorías, pero sería independiente de la consistencia internada de cada una de las teorías involucradas. En síntesis, si bajo presente la circunstancia hablamos de contrastación de una teoría, éste proceso de contrastación tiene que ver con la forma como la teoría “armoniza” o, mejor aún, se mantiene coherente con el resto de teorías con las cuales se relaciona y no con la relación con otras supuestas entidades externas al sistema de teorías.

Concluyendo entonces, pienso que el coherentismo es una alternativa viable en un primer momento ya que no es contradictoria, no nos proporciona una imagen distorsionada de lo que pretende explicar y, lo que es más importante, es compatible con los presupuestos estructuralistas ya que estos se emplean desde el principio de la discusión y hasta el final de la presentación del coherentismo sin que

¹⁷⁵ *Ibid.*

estos sean violados o debilitados en algún momento. En otras palabras, lo que estoy planteando en relación a esto último es que en la anterior argumentación jugó un papel central la tesis estructuralista según la cual las aplicaciones intencionales de una teoría se identifican mediante sus vínculos interpretativos con otras teorías subyacentes, y que la aplicación consistente y continuada de esta tesis en el tema de la fundamentación de las teorías o, lo que para el caso es lo mismo, el tema de la estructura global de la ciencia, conduce a una concepción coherentista.

Contrastando lo anterior con lo sucedido en el análisis de los fundamentismos empirista y apriorista, planteo que no sólo estoy de acuerdo con la afirmación débil de que el estructuralismo en este asunto de la fundamentación de las teorías científicas es neutral en lo que respecta *exclusivamente* a estas dos concepciones sino que voy un poco más allá al plantear que el estructuralismo es incompatible con ambas. Esto porque (cosa que no sucedió en el caso coherentista, como se acaba de advertir) en los dos casos se viola la anterior tesis estructuralista, esto es, una vez más: la identificación o interpretación de *cualesquiera* aplicación intencional de *todo* elemento teórico ha de hacerse a través de términos no-teóricos respecto al elemento teórico en cuestión pero teóricos respecto a elementos teóricos subyacentes. Esto sucede en la versión considerada del fundamentismo empirista al concluir que la interpretación de algunos términos de los elementos teóricos con fondo firme la proporciona la “experiencia” o algo parecido y de igual modo se presenta en el fundamentismo apriorista

cuando se llega a la conclusión que *todos* los términos de un elemento teórico con fondo firme son relativamente teóricos.

La importancia de la anterior tesis estructuralista y la función que desempeña en el presente análisis no la desconocen Balzer, Moulines y Sneed, sino que por el contrario las detectan bastante bien con las siguientes palabras:

Una objeción más fundamental contra la forma completa como hemos formulado la cuestión entre fundamentismo y coherentismo y, por tanto, la cuestión de la estructura global de la ciencia puede ser que nuestra explicación se sostiene en un presupuesto engañoso -que el dominio de aplicaciones intencionales de una teoría está “definido” o determinado por los vínculos interpretativos con otras teorías... Como una cuestión de hecho, desde el comienzo de la sección sugerimos el carácter hipotético de nuestra aserción de que las aplicaciones intencionales están determinadas por un tipo especial de vínculos con otras teorías. Sin embargo dos cosas pueden decirse en favor de esta hipótesis -un argumento inductivo y otro deductivo. El argumento inductivo es que en todos los ejemplos reconstruidos hasta ahora, esta parece ser la manera más natural de comprender cómo se determinan las aplicaciones intencionales. El otro argumento es que es difícil ver cómo pueden determinarse de otra forma.¹⁷⁶

Es bastante significativo el contraste presente entre esta forma categórica (tal como aparece en la cita) como el estructuralismo sustenta que la caracterización de las aplicaciones intencionales es en términos no-teóricos y la forma menos categórica al tratar el mismo asunto en un documento más reciente en donde no se desecha la posibilidad de que la descripción de las aplicaciones intencionales involucre también términos teóricos respecto a la teoría dada, pues se dice: «entonces, la primera alternativa sería expresada mediante la fórmula $I \subseteq M_p$, mientras que la segunda mediante $I \subseteq M_{pp}$. La

hipótesis normal del estructuralismo es que, al menos en muchas teorías, la alternativa más plausible es la última»¹⁷⁷. Ahora bien, desde una perspectiva estructuralista es claro que en esos supuestos casos en los que las aplicaciones intencionales quedan identificadas mediante términos (relativamente) teóricos y no-teóricos, no tendría utilidad alguna el criterio de T-teoricidad más allá de la de clasificar los términos en teóricos y no-teóricos.

Retomemos entonces la pregunta final planteada: ¿cómo pueden determinarse las aplicaciones intencionales? De acuerdo con lo visto hasta aquí, parece que tenemos tres alternativas: al modo de los empiristas lógicos, al modo estructuralista y al modo apriorista. Y esta clasificación dentro del tema de las aplicaciones intencionales se corresponde bastante bien con la clasificación dentro del tema de la fundamentación: fundamentismo empirista (al estilo del empirismo lógico), coherentismo y fundamentismo apriorista. Ahora bien, la tercera opción hay que desecharla puesto que, aún siendo plausible en un primer momento, realmente no se ajusta a lo que sucede dentro de la actividad científica donde hay un interés por determinar la consistencia de las teorías en todos los niveles: internamente, con otras teorías y con la experiencia. De estas tres virtudes epistémicas de una teoría, la propuesta apriorista sólo nos deja con la primera. Lo que haría imposible el debate, cualquier tipo de confrontación de ideas y, por tanto, la ciencia.

¹⁷⁶ *Ibid.*, p. 422.

En síntesis, nos quedamos con una única alternativa a la propuesta estructuralista, la empirista. Pero buena parte del trabajo realizado por los filósofos de la ciencia en la segunda parte del siglo pasado consistió en demostrar de distintas maneras no sólo que la imagen empirista de la ciencia era inadecuada sino también que los principios, como el de “lo directamente dado”, sobre los que se construyó esta imagen tenían muchos problemas. Esto lo tienen muy claro Balzer, Moulines y Sneed, puesto que la respuesta que dan a la pregunta anterior es la siguiente:

La única hipótesis rival que viene a nuestra mente es la afirmación que las aplicaciones intencionales de una teoría son “dadas directamente” sin necesidad de ningún concepto teórico o leyes previas. Para ser un poco más precisos, las aplicaciones intencionales de una teoría **T** serían determinadas por una verbalización en términos de **T** (parcialmente) de un “encuentro directo con la realidad”. Este encuentro se produciría presumiblemente por medio de la “observación pura”, la “intuición directa” o algo similar... Está de más decir que esta concepción nos parece muy ingenua.¹⁷⁸

Pero en este punto hago dos observaciones: que por lo menos tenemos otra alternativa más, un empirismo no radical (un empirismo posfundamentista como el de van Fraassen); y que no comparto el tipo de coherentismo al que lleva el estructuralismo en la solución al problema de los fundamentos de las teorías, aunque tal solución sea plausible en un primer momento, como ya se dijo. Aunque estas dos observaciones están muy relacionadas hay que comenzar por la segunda.

¹⁷⁷ Balzer y Moulines [2000], p. 16.

¹⁷⁸ *Ibid.*, p. 422.

En pocas palabras, no comparto la solución estructuralista porque conduce, con las palabras de van Fraassen, a una “pérdida de la experiencia”¹⁷⁹ y considero que en las ciencias empíricas es decisiva la experiencia, la cual no hay que entender ni como “experiencia pura” ni como “experiencia hecha teoría pura”. En otras palabras, porque uno espera que las teorías empíricas se contrasten con la experiencia y no con otras teorías, como propone el estructuralismo. Ha sido por esto último que durante todo este tiempo estuve hablando de un modo neutral de *evaluación* de las teorías y no de *evaluación empírica* como se acostumbra. Los estructuralistas también hablan de evaluación empírica, pero me parece que esto hay que entenderlo en un sentido nominal.

¿Qué es lo que en últimas lleva al estructuralismo a un coherentismo, a promover una especie de “pérdida de la experiencia”? Lo que está detrás de estos resultados es la bien conocida tesis de la dependencia teórica de la experiencia o, en términos estructuralistas, de las aplicaciones intencionales, y esto porque, insisto una vez más, hay una estrecha relación conceptual entre la concepción estructuralista de *aplicación intencional*, la distinción T-no-teórico/T-teórico (o criterio de T-teoricidad) y la tesis de la dependencia teórica de la experiencia. Esta consiste, *grosso modo*, en que el criterio de T-teoricidad permite caracterizar en parte lo que es una aplicación intencional y en que una de las ideas que se promueve dentro de dicha concepción de

¹⁷⁹ van Fraassen [1993], p. 13.

aplicación intencional es la tesis de la dependencia teórica de la experiencia.

Para reforzar esta idea quisiera traer a colación la siguiente conclusión a la cual llega Falguera en un contexto temático y de análisis semejante al presente pero sin el propósito *explícito* de controvertir alguna tesis estructuralista:

Mi interés está en señalar que toda la anterior exposición se ha planteado como si para cualquier teoría T los datos T-no-teóricos fueran inevitablemente *una cuestión de relaciones interteóricas*, como si la interrelación con el mundo externo fuera irrelevante en la determinación de datos T-no-teóricos para cualquier teoría T, y esto por el hecho de que sus términos T-no-teóricos serían teóricos con respecto a teorías subyacentes. La idea parece totalmente peregrina. Lo que la práctica científica nos muestra es que hay datos obtenidos de la actividad experimental que son considerados informativos acerca del mundo, de aplicaciones concretas, y no el mero resultado de relaciones interteóricas. Pero si esto es así habría que afirmar que no es cierto que para toda teoría sus aplicaciones intencionales se determinan exclusivamente a partir de otras teorías. ¿Cómo hacer inteligible este punto de vista a la luz de las consideraciones previas?¹⁸⁰

En cuanto al tema y enfoque dentro del cual se inscriben las anteriores palabras, Falguera mismo dice: «en este trabajo se examina la controversia fundamentalismo vs. coherentismo a la luz de la distinción T-teórico/T-no-teórico de la metateoría estructuralista»¹⁸¹. Y de manera contraria a lo que estoy defendiendo aquí, pero en relativa concordancia con lo que dicen Balzer, Moulines y Sneed, Falguera plantea que «la distinción T-teórico/T-no-teórico es compatible con dos imágenes de la ciencia: una claramente coherentista; la otra aparentemente fundamentalista, pero finalmente

¹⁸⁰ Falguera [2000], p. 425.

coherentista en cierto modo. Lo que se deja excluido es un enfoque estrictamente fundamentalista»¹⁸². Precisando, en los términos que emplea Falguera, lo que he estado intentando sostener es que dicha distinción estructuralista es compatible únicamente con la imagen coherentista e incompatible con los dos tipos de fundamentismo, el empirista radical y el apriorista (que de acuerdo con Falguera sería un tipo de coherentismo).

Esta aceptación de ciertas tesis particulares y del programa estructuralista en general la deja muy en claro Falguera a lo largo del escrito, en forma explícita (como la anterior) e implícita, o por lo menos ésa es mi impresión. Pero lo que no deja de ser sorprendente es que Falguera no detecta la fuerte tensión que existe entre este tipo de aceptación y la idea que desarrolla en la cita que estamos comentando, puesto que no deja constancia de la misma de ninguna manera. Más exactamente, la tensión termina en contradicción porque precisamente el modo como el estructuralismo caracteriza las aplicaciones intencionales y la función que les asigna en la evaluación de las teorías empíricas lleva a afirmar que la identificación de “los datos T-no-teóricos es inevitablemente *una cuestión de relaciones interteóricas*”. Y puesto que no hay manera de compatibilizar la concepción estructuralista de *aplicación intencional* con afirmar que (con las palabras de Falguera) “hay datos obtenidos de la actividad experimental que son considerados informativos acerca del mundo, de aplicaciones concretas, y no el mero resultado de relaciones

¹⁸¹ *Ibid.*, p. 419.

interteóricas”, hay que concluir que las razones que da Falguera a continuación (en la misma cita) son razones en contra de la mencionada tesis estructuralista.

Ahondando un poco más, me da la impresión que Falguera al final del escrito hace algunos movimientos con la idea de hacer compatibles las aplicaciones intencionales con los informes observacionales, puesto que dice:

Con los informes observacionales, con independencia de que no exista un vocabulario descriptivo específico absolutamente básico para los mismos, se expresaría el contenido del componente externo a ciertas teorías – aunque tal contenido no sea estrictamente independiente de cualquier teoría- que está presente en las descripciones de las aplicaciones intencionales de aquellas teorías.¹⁸³

Considero que intentar compatibilizar la concepción de *aplicación intencional* con la concepción de *informe observacional* es equivalente a compatibilizar la distinción estructuralista T-no-teórico/ T-teórico con la distinción empirista posfundamentista (la distinción de van Fraassen) observable/ inobservable, y esto no es posible porque la disputa de fondo entre estas distinciones es la dependencia teórica de la experiencia, esto es: para el estructuralismo la experiencia es teóricamente dependiente y para un empirista como van Fraassen la experiencia es independiente de cualquier teoría. O, si se quiere, un procedimiento un tanto extraño para hacerlas compatibles sería transformar una en la otra, lo cual equivale a desistir en una de estas concepciones.

¹⁸² *Ibid.* Véase también p. 424.

¹⁸³ *Ibid.*, p. 426.

Es decir, creo que no es posible concebir las aplicaciones intencionales de una manera híbrida como la siguiente: las aplicaciones intencionales de T están caracterizadas con términos T-no-teóricos y describen sucesos, procesos o estados de cosas *observables*; puesto que esto es darle la razón al empirista posfundamentista, aunque lo que se afirma es más fuerte que lo que sostiene este empirismo, ya que añade al dogma empirista (las aplicaciones de T son fenómenos observables) que el lenguaje empleado para describir los fenómenos observables pertinentes para T es el de las teorías subyacentes a T. Creo que esto está bastante claro dentro del estructuralismo cuando se plantea que las distinciones T-no-teórico/T-teórico y observable/inobservable no coinciden ni intensional ni extensionalmente¹⁸⁴.

Para finalizar, recordemos que en el segundo apartado de este capítulo, 2. *Fenómenos observables*, tratamos ampliamente la dicotomía observable/inobservable desde el punto de vista de van Fraassen y dejamos pendientes algunos detalles relacionados con su tesis de la independencia teórica de la observación. Pues bien, esto es lo que intentaré hacer en lo que sigue centrándome principalmente en lo que van Fraassen llama el círculo hermenéutico.

Con el ánimo de enlazar lo que viene con lo anterior, permítanme recoger las siguientes palabras de van Fraassen: la tesis de la carga

¹⁸⁴ Véase apartado 5.3. *Las aplicaciones intencionales*.

teórica de la experiencia «es un espectro que me dice que mi experiencia está perdida y, ciertamente, que está perdida exactamente porque se perdió la posibilidad de fundamentación epistémica. Pero pienso que este espectro... se nutre de confusiones y de una nostalgia mal entendida»¹⁸⁵. Como ya se había dicho, el modo como van Fraassen recupera esta posibilidad de fundamentación es introduciendo la distinción observable/inobservable o, lo que es lo mismo, mostrando que después de la bancarrota del empirismo lógico aún es posible sostener que la experiencia es independiente de cualquier teoría sin caer en ningún tipo de contradicción lógica.

Me parece que esa *nostalgia mal entendida* de la que habla van Fraassen, consiste en que los defensores de la carga teórica de la experiencia esperanzados en único tipo de fundamentación y buscando rechazar el radicalismo del positivismo lógico se ubican en el otro extremo, en donde ya no es posible ni siquiera la experiencia “a secas”. Y la principal confusión de la que se nutre esta propuesta radica en concluir que la experiencia es teóricamente dependiente a partir del hecho de que no podamos despojarnos del lenguaje para hablar del mundo.

Ahora bien, en contraste con lo anterior, van Fraassen plantea que aún es posible conciliar una experiencia descontaminada de teoría y el hecho de que siempre hablamos desde un sistema conceptual o un lenguaje. De ahí que, por ejemplo, van Fraassen diga que «los

¹⁸⁵ van Fraassen [1993], p. 14.

fenómenos son en principio observables por cualquiera, pero la forma de describirlos se elige, enseña y aprende por humanos que están completamente inmersos en su trasfondo heredado de las teorías, opiniones y suposiciones»¹⁸⁶.

Hay punto en la argumentación de van Fraassen que parece llevar a un círculo vicioso. Recordemos que su empirismo posfundamentista busca restituir una fundamentación epistémica para las teorías y en general para las ciencias empíricas, sustentada en la idea de que las teorías se contrastan con los fenómenos observables. Pero es claro que en este proyecto se vuelve determinante trazar de un modo claro la distinción observable/ inobservable. Esto por una parte, pero por otra parte encontramos que el mismo van Fraassen en el momento de establecer dicha distinción termina afirmando que la ciencia empírica (y en algunos casos la teoría misma que se indaga) es la que permite delinear lo que es observable, esto es, proporcionar una respuesta adecuada a qué es exactamente lo que es observable o a cuáles son los límites de lo observable.

Para van Fraassen aquí no hay círculo vicioso sino un *círculo hermenéutico* en la interpretación de la ciencia. Habría «un círculo vicioso si lo que es observable no fuera simplemente un hecho descubierto por la ciencia, sino que fuera relativo a ella o dependiera de ella»¹⁸⁷. Ahora bien, esto no es contradictorio con afirmar que lo que es observable «está en función de los hechos acerca de nosotros

¹⁸⁶ van Fraassen [1997], p. 524.

qua organismo en el mundo, y estos hechos pueden incluir hechos acerca de los estados psicológicos, lo cual a su vez conlleva la contemplación de teorías; pero no existe el tipo de dependencia teórica o de relatividad que podría ocasionar una catástrofe lógica»¹⁸⁸. En términos del ejemplo del hombre de la Edad de Piedra estudiado en el segundo apartado podemos decir que para cualquier persona es un hecho que en estas circunstancias se está observando una pelota de tesis y el choque entre dos automóviles, lo cual no implica que todas las personas describan este estado de cosas y este suceso de la misma forma, utilizando los mismos medios lingüísticos.

En síntesis, la ciencia empírica es de gran ayuda para delinear lo que es observable, esto, es, para saber qué es y no es observable; pero esto no implica de ningún modo que lo que sea observable o inobservable dependa de la ciencia. Este punto hay que tenerlo muy claro puesto que se suele objetar que puesto que la ciencia está en continua transformación de ideas, entonces es de esperar que también cambien nuestras opiniones sobre lo que es observable. Esto es cierto, pero a la luz del comentario inicial es incorrecto concluir que también cambia lo que es o no observable. Veamos esto con un ejemplo de van Fraassen¹⁸⁹: es claro que la opinión de los científicos sobre la cantidad de agua que hay en Marte ha cambiado a lo largo de la historia, pero sin embargo la masa de agua en Marte no ha estado cambiando junto con este cambio de opinión. En términos generales:

¹⁸⁷ van Fraassen [1980], p. 57.

¹⁸⁸ van Fraassen [1980], p. 58.

¹⁸⁹ Véase van Fraassen [1993], p. 20.

Después de todo –afirma van Fraassen-, ¿qué es este mundo en el cual vivo, respiro y existo, y en el cual mis ancestros de hace dos siglos no podían entrar? Es el correlato intensional del marco conceptual a través del cual percibo y concibo el mundo. Pero nuestro marco conceptual cambia, y en consecuencia el correlato intensional de nuestro marco conceptual cambia; sin embargo, el mundo real es el mismo mundo¹⁹⁰.

Recapitulando, recordemos que el asunto que nos trajo hasta aquí fue las formas como las concepciones estructuralista y la de van Fraassen caracterizan a los modelos de datos. Inicialmente planteamos que la diferencia fundamental radicaba en que mientras la primera lo hacía mediante términos T-no-teóricos, la segunda lo hacía en función de observables. Por tanto en el enfoque estructuralista la distinción importante es T-no-teóricos/T-teóricos y en el enfoque de van Fraassen es observables/inobservables. Después advertimos que si bien esto era así, la diferencia debería ser más profunda por que la cuestión de fondo estaba en que ambas partes asumían compromisos epistemológicos, los cuales eran bastante evidentes en el caso de van Fraassen pero que en el caso del estructuralismo normalmente pasan desapercibidos. Finalmente examinamos, a la luz del problema de la evaluación de las teorías, las principales afirmaciones estructuralista que supuestamente contenían algún compromiso epistemológico y nos encontramos con que efectivamente desembocaban en un coherentismo, el cual contrasta de un modo importante con el empirismo posfundamentista de van Fraassen.

¿Qué entonces de los modelos de datos? Si nos acogemos al criterio metodológico de involucrar en la identidad de las teorías

¹⁹⁰ van Fraassen [1980], p. 81.

componentes únicamente de tipo estructural, deberíamos concluir que los modelos de datos hacen parte de la identidad de una teoría pero sin favorecer una forma específica de descripción. Pero entonces la inquietud que surge es si, manteniéndonos aún dentro del contexto del estudio de la estructura de las teorías empíricas, podemos desentendernos tan fácilmente de cualquier tipo de compromiso epistemológico en lo relacionado con los modelos de datos tal y como sucedió en lo que tenía que ver con la relación entre modelos teóricos y modelos de datos, puesto que en este último caso concluimos que el debate realismo/empirismo no hace parte del análisis estructural de las teorías. Mi respuesta a esta inquietud es: me temo que en esto no hay cabida para ser neutrales porque eludiríamos un problema filosófico de capital importancia.

Por tanto, aunque sólo estemos interesados en el tema de la estructura de las teorías empíricas, hay un momento de esta reflexión filosófica en el que es necesario abordar la cuestión de cómo se establece el vínculo entre estructura (teoría) y mundo. En el estudio anterior vimos que desde mi punto de vista la noción estructuralista de aplicación intencional tiene dos dificultades importantes: contiene la tesis de la carga teórica de la experiencia y, en últimas, lleva a un coherentismo en lo relacionado con la fundamentación de las teorías empíricas. Por tanto, en este problema de la fundamentación de las teorías me inclino por la propuesta de solución de van Fraassen en donde los modelos de datos se caracterizan en términos de fenómenos

observables porque considero que es relativamente adecuada a la forma como se presenta el vínculo entre estructura y mundo.

Así que respecto a la caracterización de los modelos de datos se defiende en concreto:

1) se rechaza el Mito de lo dado, esto es, los modelos de datos no tienen que ver con supuestas cosas como: lo directamente “dado”, lo directamente observable, experiencias “puras”, datos brutos y crudos, y cosas por el estilo;

2) por tanto, son experiencias conceptualizadas, pero conceptualizadas no de cualquier manera o en términos de cualquier teoría, sino en términos de los parámetros pertinentes de la teoría;

3) se plantea la hipótesis que expresiones como “experiencia”, “experiencia fenoménica”, “fenómenos”, “sistemas empíricos” y otras semejantes, no aluden a un único tipo de cosas cuando son empleadas para hacer referencia a ciertos aspectos del quehacer científico sino que más bien su extensión involucra diferentes tipos como: objetos y sucesos “observables” a través de nuestros sentidos, objetos y sucesos “observables” con la ayuda de ciertos instrumentos y colecciones de datos con sus respectivos informes experimentales.

4) se sostiene la tesis de la independencia teórica de la experiencia.

CONSIDERACIONES FINALES

La verdad popular *las comparaciones son odiosas* tiene sentido en el dominio de las relaciones humanas y no se aplica ni al mundo de la ciencia ni al de la filosofía. Creo que en estos dos últimos campos, en busca de algo parecido, no hablaríamos ya de verdad sino de máxima metodológica y su forma no sólo sería distinta sino que nos sugeriría algo contrario, y esto porque considero que la máxima metodológica sería algo así como: *las comparaciones son fructíferas*. Es decir, en términos amplios y abstractos: establecer paralelos tiene realmente un gran valor metodológico en la medida que permite ver cosas que de otra forma normalmente pasan desapercibidas: cosas específicas de ambos lados del paralelo y cosas que tienen que ver con una perspectiva más amplia del problema.

He tenido confianza en esta máxima metodológica desde hace mucho tiempo y fue esta confianza, entre otras cosas, la que me motivo en un primer momento para lanzarme a esta aventura de realizar un estudio comparativo entre el estructuralismo y la concepción de van Fraassen en lo que tiene que ver con la naturaleza y estructura de las teorías científicas. Y creo que en el presente caso también se cumplió la máxima. Yo espero que esta apreciación mía no sólo sea un sentimiento personal sino que sea compartido en alguna medida por

aquellos especialistas en las cuestiones aquí tratadas una vez hayan leído estas líneas.

Mi perspectiva y apreciación actuales sobre las principales cuestiones abordadas han cambiado de un modo positivo respecto a las que tenía al iniciar la presente investigación puesto que, a grandes rasgos, no es sólo que ahora cuente con ciertas soluciones de las principales cuestiones formuladas en un comienzo sino que los problemas presentes son mayores en número y en calidad. Además, los nuevos problemas tienen que ver con temas particulares como las concepciones estructuralista y la de van Fraassen, sus coincidencias y divergencias, y ciertas peculiaridades del enfoque semántico como con temas generales de la filosofía de la ciencia como la evaluación de las teorías empíricas y el debate realismo/empirismo.

El resto del apartado está dedicado a presentar los principales resultados obtenidos en el presente estudio. En términos amplios, considero que son dos los principales aportes, uno de contenido y otro de método. El principal aporte de contenido de este estudio consiste en proponer y sustentar que desde una perspectiva semántica de las teorías empíricas los elementos determinantes en la individuación de una teoría son los modelos teóricos, los modelos de datos y las aserciones empíricas, pero con importantes salvedades en cada uno de estos elementos. Estas salvedades se mencionaron en la introducción de un modo general, sin enfatizar demasiado en las distinciones entre

el estructuralismo y la concepción de van Fraassen, por tanto ahora las voy a presentar de este último modo.

Considero que fue de gran valor heurístico en esta investigación introducir como criterio metodológico distinguir las consideraciones estructurales de las consideraciones epistemológicas con el propósito de precisar los elementos determinantes en la individuación de las teorías. En principio el criterio aconseja que dichos elementos determinantes únicamente contengan compromisos estructurales, con la idea de mantener una neutralidad epistémica en el estudio de la estructura de las teorías.

Se dijo que apuntamos a cuestiones puramente estructurales cuando nos ocupamos estrictamente de los elementos principales que componen la estructura de una teoría y a sus relaciones mutuas determinantes, en tanto que abordamos cuestiones epistemológicas cuando proponemos una concepción particular sobre el mundo (o algún aspecto relacionado con él) o sobre el objetivo de la ciencia.

La utilidad del criterio se evidenció de manera muy particular cuando se tocó el tema del debate realismo/antirrealismo y cuando se abordaron las distinciones no-teórico/teórico y observable/inobservable; es decir, cuando apareció la cuestión de la neutralidad epistémica de las dos concepciones. Respecto a lo primero, tal y como este debate es formulado por van Fraassen, concluimos que ambas concepciones son neutrales. En cuanto a lo segundo, considero

que en este punto fue donde el criterio jugó un papel determinante porque, por una parte, permitió detectar que estas dos distinciones se encuentran al mismo nivel epistémico, esto es, son dos alternativas distintas respecto a una única cuestión y, por otra parte, permitió calibrar hasta dónde era posible la neutralidad epistémica en el análisis de la estructura de las teorías, puesto que al final, al optar (dando razones) por la descripción de los modelos de datos en términos de fenómenos observables, violamos el mismo criterio en cuanto a elegir elementos determinantes comprometidos sólo estructuralmente.

Volvamos entonces a las cuestiones particulares relacionadas con el contenido.

(1) En cuanto a los modelos teóricos se plantearon dos cosas, una relacionada con la forma de presentarlos y la otra con cómo hay que entenderlos. Respecto a lo primero se dijo que si bien existe una diferencia importante en cuanto a la forma de presentarlos, ya que el estructuralismo lo hace a través de una definición mediante un predicado conjuntista y van Fraseen describiéndolos mediante espacios de estados, lo cierto es que no es importante porque en últimas son formas distintas de describir las mismas estructuras.

Respecto a lo segundo se mostró que existe una pequeña e importante discrepancia en la noción de modelo teórico entre las dos concepciones ya que mientras el estructuralismo *da a entender* que un

modelo teórico equivale a un modelo en sentido semántico, van Fraassen plantea y sustenta que tal equivalencia no se da, sino que más bien la principal propiedad de un modelo teórico es la de ser una estructura. Recordemos que un modelo semántico, un modelo de un lenguaje formal, es una estructura más una función que interpreta los enunciados del lenguaje en la estructura. Pero igualmente se añadió a lo anterior que esto era así si nos ateníamos a la letra, más que al espíritu, de los planteamientos estructuralista, ya que en últimas parece ser que las dos concepciones estarían de acuerdo en este punto.

(2) Respecto a los modelos de datos se plantearon las siguientes cuestiones: cómo los caracterizan las respectivas concepciones, las consecuencias que se derivan de lo anterior y la posibilidad de mantenerse neutral en lo que a ellos respecta. Sobre lo primero vimos que la dicotomía observacional/teórico del empirismo lógico encerraba en realidad dos dicotomías, la observable/inobservable y la no-teórico/teórico, de tal forma que cada una de ellas se emplea para identificar los modelos de datos en la concepción de van Fraassen y en el estructuralismo, respectivamente. De estas posiciones se derivan dos soluciones encontradas al problema de la independencia teórica de la experiencia o, lo que es lo mismo, se llega respectivamente a un empirismo posfundamentista y a un coherentismo en cuanto al problema de la fundamentación de las teorías empíricas. El último punto relacionado con los modelos de datos lo hemos abordado unos párrafos antes al comentar el criterio metodológico.

(3) Finalmente, acerca de la aserción empírica hicimos ver que, contrariamente a lo que afirma van Fraassen, el estructuralismo no cae en una concepción instrumentalista de las teorías ya que las actitudes doxásticas o epistémicas de los científicos hacia las teorías están presentes en la aserción empírica asociada a un elemento teórico. Y adicionalmente decidimos ser neutrales respecto a la forma particular de la aserción empírica en la medida en que esta cuestión es equivalente al debate realismo/ antirrealismo. En otras palabras, sostuvimos que la forma general de una aserción empírica consiste en que relaciona un modelo de datos con un conjunto de modelos teóricos, pero un análisis estructural de las teorías no se compromete con una forma particular de dicha relación, ya sea de identidad o subsunción u otra.

BIBLIOGRAFIA

Los números de páginas de las referencias bibliográficas corresponden a la versión en inglés, cuando la referencia no es explícita.

Achinstein, P. [1967]: *Los modelos teóricos*, UNAM, México, 1987.

———[1968]: *Concepts of Science. A Philosophical Analysis*, Hopkins, J., Baltimore, P.

Balzer, W.; Moulines, C. U.; y Sneed, J. D. [1987]: *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*, Reidel, Dordrecht.

———[2000]: *Structuralist Knowledge Representation. Paradigmatic Examples*, Rodopi, Amsterdam

Balzer, W. y Moulines, C. U. [1996]: *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results*, Walter de Gruyter, Berlin.

——— [2000]: “Introduction”, en Balzer, W.; Moulines, C. U.; y Sneed, J. D. [2000], pp. 5-18.

Beth, E. W. y Piaget, J. [1961]: *Relaciones entre la lógica formal y el pensamiento real*, Editorial Ciencia Nueva, Madrid, 1968.

Birkhoff, G. y von Neumann, J. [1936]: “The logic of Quantum Mechanics”, *Annals of Mathematics*, 37, pp. 823-43.

Black, M. [1960]: “Modelos y Arquetipos”, en Black, M. *Modelos y Metáforas*, Tecnos, Madrid, 1966.

Bub, J. (1975), “Popper’s propensity interpretation of probability and

- quantum mechanics”, en G. Maxwell y R. M. Anderson (eds.), *Induction, Probability, and Confirmation*, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol. VI, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1975.
- Bueno, O. [1997]: “Empirical Adequacy: A Partial Structures Approach”, *Stud. Hist. Phil. Sci.*, vol. 28, nº 4, pp. 585-610.
- Carnap, R. [1939]: “The Interpretation on Physics”, en Feigl, H. Y Brodbeck (eds.) [1953], pp. 309-318; v.e. “Los cálculos físicos y sus interpretaciones”, en R. Carnap, *Fundamentos de Lógica y Matemáticas*, Taller de Ediciones Josefina Betancor, Madrid, 1975.
- [1956]: “The methodological character of theoretical Concepts”, en Feigl, H. y Scriven, M. (eds.) [1956], pp. 33-76; v.e. “El carácter metodológico de los conceptos científicos”, en Roller, J. L. (Comp.), [1986].
- [1966]: *Fundamentación lógica de la física*, Sudamericana, Buenos Aires, 1969.
- Churchland, P. M.; y Hooker, C. A. (eds.) [1985]: *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism*, University of Chicago Press, Chicago.
- Cirera, R.; Ibarra, A.; y Mormann, T. (eds.) [1996]: *El programa de Carnap. Ciencia, Lenguaje, Filosofía*, Del Bronce, Barcelona.
- Colodny, R. (ed.) [1972]: *Paradigms and Paradoxes: the philosophical challenge of the quantum domain*, University of Pittsburg Press, Pittsburg.
- da Costa, N. [1997]: *El conocimiento científico*, UNAM, México,

- 2000.
- da Costa, N. y French, S. [2000]: “Models, theories, and structures: Thirty years on”, *Philosophy of Science*, 67 (Proceedings), 2000, pp. S116-S127.
- Dalla, M. L. y Toraldo di Francia, G. [2001]: *Confines: Introducción a la Filosofía de la Ciencia*. Crítica. Barcelona.
- Diederich, W. [1996]: “Structuralism As Developed Within the Model-Theoretical Approach in the Philosophy of Science”, en Balzer, W. y Moulines, C. U. [1996].
- Díez, J. A. [2002]: “A Program for the Individuation of Scientific Concepts”, *Synthese*, Volume 130, N°.1, pp. 13-48.
- Díez, J. A. y Moulines, C. U. [1997]: *Fundamentos de filosofía de la ciencia*, Ariel, Barcelona.
- Duhem, P. [1996]: *Essays in the History and Philosophy of Science*, Hackett Publishing Company, Indianápolis & Cambridge.
- Earman, J. [1992]: *Bayes or Bust? A Critical Examination of Bayesian Confirmation Theory*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Echeverría, J. [1998]: “Similaridades, isomorfismos y homeomorfismos entre representaciones científicas”, *Theoria*, II, 13, 1998, pp. 89-112.
- [1999]: *Introducción a la metodología de la ciencia. Filosofía de la ciencia en el siglo XX*. Cátedra, Madrid. (reedición corregida y aumentada al 50% de la obra del mismo título de 1989).
- [1993]: “El Concepto de Ley Científica”, en Moulines, C. U. (ed.), *La Ciencia: Estructura y Desarrollo*, Editorial Trotta,

- CSIC, Quinto Centenario, *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía*, v.4, pp.57-88.
- [1995]: “The four Contexts of Scientific Activity”, en Herfel, W. E., Krajewski, I., Niiniluoto & Wójcicki (eds.), *Theories and Models in Scientific Processes*, Poznan Studies in the Philosophy of The Sciences and the Humanities, v. 44, Rodopi, Amsterdam, pp. 151-167.
- Echeverría, J.; Ibarra, A.; y Mormann, T. (eds.) [1992]: *The Space of Mathematics*, De Gruyter, Berlín.
- Einstein, A. [1921]: “Geometría y Experiencia”, en Einstein, A., *Sobre la teoría de la relatividad y otras contribuciones a la ciencia*, Antoni Bosch, Barcelona, 1982.
- Enriques, F. [1924]: *Los elementos de Euclides y la crítica antigua y moderna*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1954.
- Falguera, J. L. [1993]: “El enredo de los modelos en los análisis de las ciencias factuales”, *Agora*, 12/2, pp. 171-178.
- [2000]: “Fundamentación empírica y metateoría estructuralista”, *Actas III Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España*, San Sebastián, España.
- Feigl, H. [1970]: “The ‘orthodox’ view of theories: Remarks in defense as well as critique”, en Radner, M. y Winokur, S. (eds.) [1970].
- Feigl, H. Y Brodbeck (eds.) [1953]: *Reading in the Philosophy of Science*, University of Minnesota, New York.

- Feigl, H. y Scriven, M. (eds.) [1956]: *Minnesota Studies in the Philosophy of science*, vol. I, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Feigl, H.; Scriven, M.; y Maxwell [1958]: *Minnesota Studies in the Philosophy of Science II*, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- French, S. y Ladyman, J. [1999]: “Reinflating the semantic approach”, *International studies in the philosophy of science*, vol. 13, n°2, 1999.
- Friedman, M. [1999]: *Reconsidering Logical Positivism*, Cambridge University Press, New York.
- Giere, R. N. [1973]: "Objective Single-Case Probabilities and Foundations of Statistics", en P. Suppes *et al.* (eds), *Logic, Methodology and Philosophy of Science IV*, North Holland, Amsterdam, pp. 467-83.
- [1988]: *Explaining Science. A Cognitive Approach*, University of Chicago Press, Chicago.
- Hacking, I. [1975]: *The Emergence of Probability*, Cambridge University Press, Bristol; v.e. *El Surgimiento de la Probabilidad*, Ed. Gedisa, Barcelona, 1995.
- Hempel, C. G. [1958]: “The Theoretician's Dilemma: A Study in the Logic of Theory Construction”, en Feigl, Scriven y Maxwell [1958], *Minnesota Studies in the Philosophy of Science II*, University of Minnesota Press, Minneapolis, pp.37-97.

-
- [1966]: *Philosophy of Natural Science*, Prentice-Hall, New Jersey, v.e. *Filosofía de la Ciencia Natural*, Alianza, Madrid, 1999.
- [1970]: “On the ‘Standard Conception’ of Scientific Theories”, en Radner y Winokur (eds.) [1970], *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, v. IV, University of Minnesota Press, Minneapolis, pp. 142-163.
- [1973]: “The Meaning of Theoretical Terms: A Critique of the Standard Empiricist Construal”, en Suppes, Henkin, Joja y Moisel (eds.) [1973], *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, v. 4, North Holland, Amsterdam, pp. 367-378.
- Hilbert, D. [1899]: *Fundamentos de la geometría*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1996.
- [1917]: “El pensamiento axiomático”, en D. Hilbert, *Fundamentos de las matemáticas*, Colección Mathema, UNAM, México, 1993.
- Howson, C. [1995]: “Theories of Probability”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 46, pp. 1-32.
- Howson, C. y Urbach, P. [1989]: *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*, Open Court, Illinois, 1990.
- Ibarra, A. y Mormann, T. [1994]: “¿Simetrías versus Leyes? Apostilla a van Fraassen sobre la representación”, *Pensamiento*, vol. 50, nº 198, pp. 353-382.
- [1997]: *Representaciones en la ciencia. De la invariancia estructural a la significatividad pragmática*, Del Bronce, Barcelona.

- Kraft, V. [1950]: *El Círculo de Viena*, Taurus, Madrid, 1986.
- Kuhn, T. S. [1962]: *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago, Third edition, 1996; v.e. *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de cultura económica, México, 1983.
- [1993]: “Afterwords”, en Horwich, P. (ed.), en *World Changes*, MIT Press, Cambridge, MA, pp. 311-341.
- Manzano, M. [1989]: *Teoría de Modelos*, Alianza, Madrid.
- Margenau, H. [1950]: *The Nature of Physical Reality*, McGraw-Hill, New Cork.
- Mates, B. [1965]: *Lógica matemática elemental*, Tecnos, Madrid, 1987.
- McKinsey, J.; Sugar, A.; y Suppes, P. [1953]: “Axiomatic Foundation of Classical Particle Mechanics”, *Journal of Rational Mechanics and Analysis* 2, pp. 253-272.
- Mosterín, J. [1984]: *Conceptos y Teorías en la Ciencia*, Alianza Editorial, Madrid, 1ª Edición 2000.
- Moulines, C. U. [1982]: *Exploraciones metacientíficas. Estructura, desarrollo y contenido de la ciencia*, Alianza, Madrid.
- [1991a]: “Pragmatics in the Structuralist View of Science”, en Schurz, G. y Dorn, G. J. W. *Advances in Scientific Philosophy*, Poznan Studies, vol. 24, Editions Rodopi, Amsterdam.
- [1991b]: *Pluralidad y recursión. Estudios epistemológicos*, Alianza, Madrid.

- [1996]: “Structuralism: The Basic Ideas”, en Balzer, W. y Moulines, C. U. [1996].
- [2002]: “Introduction: Structuralism as a Program for Modelling Theoretical Science”, *Synthese*, Volume 130, N°.1, pp. 1-11.
- Munévar, G. [1981]: *Radical Knowledge: a Philosophical inquire into the nature and limits of Science*. Hackett Publishing Company, Indianapolis.
- [1998]: *Evolution and the Naked Truth. A Darwinian Approach to Philosophy*, Ashgate, Brookfield, USA.
- Nagel, E. [1961]: *La estructura de la ciencia*. Paidós, Barcelona, 1981.
- Nagel, E. y Newman, J. R. [1958]: “La prueba de Gödel”, *Cuaderno 6*, Centro de estudios filosóficos, UNAM, 1959.
- Pérez Ransanz, A. R. [1985]: “El concepto de teoría empírica según van Fraassen”, *Crítica*, 51, XVII, pp. 3-12.
- [2000]: “La concepción semántica de las teorías y el debate sobre el realismo científico”, en Ibarra, A. y Mormann, T., *Variedades de la representación en la ciencia y en la filosofía*, Ariel, Barcelona, 2000, pp. 109-118.
- Poincaré, H. [1943]: *La Ciencia y la Hipótesis*. Espasa Calpe, Argentina.
- Popper, K. [1957]: “The Propensity Interpretation of the Calculus of Probability, and the Quantum Theory”, en S. Körner (ed.) *Observation and Interpretation: A Symposium of Philosophers*

- and Physicists*, Butterworths Scientific Publications, London, pp. 65-70.
- [1959a]: *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson, London; v.e. *La lógica de la Investigación Científica*, Tecnos, Madrid, 1977.
- [1959b]: “The Propensity Interpretation of Probability”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 10, pp. 25-42.
- [1983]: *Realism and the Aim of Science*, Hutchinson, London; v.e. *Realismo y el Objetivo de la Ciencia*, Tecnos, Madrid, 1985.
- Putnam, H. [1962]: “What theories are not”, en Nagel, Suppes y Tarski, *Logic, Methodology, and Philosophy of science: Proceedings of 1960 International Congress*, Stanford, Stanford University Press, 1962; v.e. “Lo que las teorías no son”, en Roller, J. L, (Comp.) [1986].
- [1987]: *The Many Faces of Realism*, Open Court, Illinois; v.e. *Las Mil Caras del Realismo*, Ed. Paidós-UAB, Barcelona, 1994.
- Quine, W. V. O. [1960]: *Word and Object*, The M.I.T. Press, Cambridge, 1975; v.e. *Palabra y Objeto*, Labor, Barcelona, 1968.
- [1968]: “Ontological Relativity”, en Quine (1969b), pp. 26-68; v.e. “Relatividad Ontológica”, en Quine (1969b, v.e.), pp. 43-91.

-
- [1969a]: “Epistemology Naturalized”, en Quine (1969b), pp. 69-90; v.e. “Naturalización de la Epistemología”, en Quine (1969b, v.e.), pp. 93-119.
- [1969b]: *Ontological Relativity and Other Essays*, Columbia University Press, New York and London, 1969; v.e. *La relatividad ontológica y otros ensayos*, Tecnos, Madrid, 1974.
- [1975]: “On Empirically Equivalent Systems of the World”, *Erkenntnis* 9; v.e. “Sobre los sistemas del mundo empíricamente equivalentes”, en *Acerca del conocimiento científico y otros dogmas*, Paidós y UAB, Barcelona, 2001, pp. 55-74.
- Radner, M. y Winokur, S. (eds.) [1970]: *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. IV. Analysis of theories and methods of physics and psychology, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Reichenbach, H. [1927]: *The philosophy of space and time*, Dover, New York, 1958.
- [1929]: *Objetivos y métodos del conocimiento físico*, Fondo de Cultura Económica, México, 1983.
- [1958]: *Moderna filosofía de la ciencia (Ensayos escogidos)*, Tecnos, Madrid, 1965.
- Rivadulla, A. [1986]: *Filosofía Actual de la Ciencia*, Tecnos, Madrid.
- Rolleri, J. L. (Comp.) [1986]: *Estructura y desarrollo de las teorías científicas*, UNAM, México, 1986.
- Sklar, L. [1992]: *Filosofía de la física*, Alianza, Madrid, 1994.

-
- [1993]: *Physics and Chance. Philosophical issues in the foundations of statistical mechanics*, University of Cambridge Press, Cambridge.
- Sneed, J. [1971]: *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Reidel, Dordrecht, Neth.
- Stegmüller, W. [1973]: *Estructura y dinámica de teorías*, Ariel, Barcelona, 1983.
- [1979]: *La concepción estructuralista de las teorías*, Alianza, Madrid, 1981.
- Suárez, M. [199]: “Theories, Models and Representations”, en Magnani, Nersessian y Thagard (eds.), *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, Kluwer, Neth, pp. 75-83.
- Suppe, F. [1974]: “The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories”, en Suppe, F. (ed.) [1974]; v.e. “En busca de una comprensión filosófica de las teorías científicas”.
- [1989]: *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, University of Illinois Press, Urbana.
- [2000]: “Understanding scientific theories: An assessment of developments, 1969-1998”, *Philosophy of Science*, 67 (Proceedings), 2000, pp. S102-S115.
- Suppe, F. (ed.) [1974]: *The Structure of Scientific Theories*, University of Illinois Press, Urbana; v.e. *La estructura de las teorías científicas*, trad. esp. Castillo, P. y Rada, E., Editora Nacional, Madrid, 1979.
- Suppes, P. [1954]: “Algunas consideraciones sobre los problemas y métodos de la filosofía de la ciencia”, en Suppes, P. [1988].

-
- [1957]: *Introduction to logic*, Van Nostrand, Nueva York.
- [1960]: “Una comparación del significado y los usos de los modelos en las matemáticas y las ciencias empíricas”, en Suppes, P. [1988].
- [1967]: “What is a scientific theory?”, en S. Morgenbesser, *Philosophy of science today*, Basic Book, New York, 1967.
- [1974]: “La estructura de las teorías y el análisis de datos”, en Suppes [1988].
- [1988]: *Estudios de Filosofía y Metodología de la Ciencia*, Alianza Editorial, S. A., Madrid.
- Suppes, Henkin, Joja y Moisel (eds.) [1973]: *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, v. 4, North Holland, Amsterdam.
- Tarski, A. [1940]: *Introduction to Logic and to the Methodology of Deductive Sciences*, Dover, New York; v.e. *Introducción a la lógica y a la metodología de las ciencias deductivas*, Espasa-Calpe, Madrid, 1985.
- [1954]: “Contributions to the theory of models. I”, en *Collected Papers*, v. 3, Birkhäuser, Boston, 1986.
- van Fraassen, Bas. C. [1970]: “On the extension of Beth’s semantics of physical theories”, *Philosophy of Science*, september, 1970, pp. 325-339.
- [1970]: *An Introduction to the Philosophy of Time and Space*. Random House, New York, reimpresso Columbia University Press, New York, 1985.
- [1971]: *Semántica formal y Lógica*, UNAM, México, 1987.

-
- [1972]: “A Formal Approach to the Philosophy of Science”, en Colodny R. (ed.) [1972], pp. 303-366.
- [1980]: *The Scientific Image*, Clarendon Press, Oxford; v.e. *La imagen científica*, Paidós-UNAM, México, 1996.
- [1985a]: “On the Question of Identification of a Scientific Theory (A Reply to “van Fraassen’s Concept of Empirical Theory” by Pérez Ransanz)”, *Crítica*, 51, XVII, pp. 21-25.
- [1985b]: “Empiricism in the Philosophy of Science” en Churchland, P. M.; y Hooker, C. A. (eds.) [1985], *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism*, University of Chicago Press, Chicago.
- [1986]: “The world we speak of, and the language we live”, en *Philosophy and Culture: Proc. Of the XVII-th World Congress of Philosophy* (Montreal, 1983), Editions du Beffroi, Montreal, 1986.
- [1989]: *Laws and Symmetry*, Oxford University Press Inc., New York.
- [1991]: *Quantum Mechanics: An empiricist view*, Oxford University Press Inc., New York.
- [1993]: “From Vicious Circle to Infinite Regress, and Back Again” en D. Hull, M. Forbes y K. Ohkruhlik (eds.), *PSA 1992*, vol. 2, 1993, pp. 6-29; v.e. (las tres primeras partes de las cuatro en inglés) “Después del fundacionismo: Entre el círculo vicioso y el regreso al infinito”, *Dianoia*, nº 38, 1992, pp. 217-40.

- [1997]: *Structure and Perspective: Philosophical Perplexity and Paradox*, en M. L. Dalla Chiara *et al.*, *Logic and Scientific Methods*, Synthese Library, v. 259, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Von Neumann, J. [1955]: *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, Princeton University Press, Princeton. Traducción de von Neumann 1932, v.e. *Fundamentos Matemáticos de la Mecánica Cuántica*, CSIC, Madrid, 1991.
- Wójcicki, R. [1996]: “Theories in Science” en Bystrov and Sadovsky U. N., (eds.), *Philosophical Logic and Logical Philosophy*. Kluwer Academic Publishers. Netherland, pp. 83 – 89.