

UNIDAD DIDÁCTICA VI. LA ESTRUCTURA DE LAS TEORÍAS

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas claves de la Filosofía de la Ciencia es el de la naturaleza o estructura de las teorías científicas, ya que las teorías son el vehículo del conocimiento científico.

A partir de los años veinte se convirtió en un lugar común para los filósofos de la ciencia el construir teorías científicas como cálculos axiomáticos a los que se da una interpretación observacional por medio de reglas de correspondencia. A este análisis se ha designado comúnmente "*La Concepción Heredada de las Teorías*".

En los años cincuenta, la mencionada Concepción Heredada empezó a ser objeto de ataques críticos. Bien a la distinción teórico-observacional, bien a la noción de interpretación parcial u otros problemas planteados. El caso es que se propusieron Filosofías de la Ciencia alternativas. Podemos decir hoy que la Concepción Heredada ha quedado refutada, pero ningún análisis de teorías propuesto ha tenido amplia aceptación.

A continuación se van a desarrollar cuatro perspectivas diferentes ante el desarrollo de las diferentes estructuras de las teorías:

- La propia "Concepción Heredada".
- Los paradigmas de Kuhn
- Los programas de investigación de Lakatos
- Las concepciones semántica y estructuralista de las teorías.

La bibliografía utilizada para la confección de estos apuntes:

- J. Mosterín. "*Conceptos y Teorías de la Ciencia*". Alianza. Madrid. 2000
- F. Suppe "*La Estructura de las Teorías Científicas*". UNED
- G. Guerrero Pino "*Individuación de las Teorías en el Enfoque Semántico*" Universidad del Valle
- A. Chalmers. ¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?
- Semántica y Filosofía de la Ciencia, artículo de Miguel Angel Quintanilla publicado en el número 4 de la revista El Basilisco publicada en 1978.
- La concepción semántica de las teorías científicas de Jose A. Díez Calzada, Universitat Rovira i Virgili

2 LA ESTRUCTURA DE LAS TEORIAS EN LA CONCEPCION HEREDADA.

En lo esencial, la Concepción Heredada concibe las teorías científicas como teorías axiomáticas formuladas en una lógica matemática L , que reúne las siguientes condiciones:

- La teoría se formula en una lógica matemática de primer orden con identidad, L .
- Los términos no lógicos o constantes de L se dividen en tres clases disjuntas llamadas *vocabularios*:
 - El *vocabulario lógico* que consta de constantes lógicas (incluidos términos matemáticos).
 - El *vocabulario observacional* V_o que contiene términos observacionales..
 - El *vocabulario teórico* V_t que contiene términos teóricos.

- Los términos de V_o se interpretan como referidos a objetos físicos o a características de los objetos físicos, directamente observables.
- Hay un conjunto de postulados teóricos T , cuyos únicos términos no lógicos pertenecen a V_t .
- Se da una *definición explícita* de los términos de V_t en términos de V_o mediante reglas de correspondencia C .

El conjunto de axiomas T es el conjunto de leyes teóricas de la teoría. El conjunto de reglas de correspondencia C estipula las aplicaciones que pueden hacerse de la teoría a los fenómenos. La teoría se identifica con la conjunción TC de T y C .

Las reglas de correspondencia tienen tres funciones en la Concepción Heredada:

- definen términos teóricos,
- garantizan el significado cognitivo de los términos teóricos
- especifican los procedimientos experimentales admisibles para aplicar una teoría a los fenómenos.

Un sencillo ejemplo de reglas de correspondencia sería el siguiente: "si se coloca el objeto x en una balanza y el indicador de la balanza coincide con el número y , entonces la masa de x es el número designado por y ."

La teoría TC es capaz de hacer predicciones, donde predicción y explicación son formalmente lo mismo, siendo la única diferencia que la predicción se realiza antes del hecho y la explicación se realiza después.

Sin embargo, el significado de los términos teóricos no es totalmente observacional; por tanto, TC no podrá especificar el significado total de los términos teóricos. Para ello, se debe recurrir a un metalenguaje más rico. Por ejemplo, en el término teórico "electrón", sólo parte del significado de "electrón" concierne a las manifestaciones observacionales. Cuando un científico emplea el término teórico "electrón" en una teoría TC , está afirmando que existe algo que tiene las manifestaciones observables especificadas por TC . Esto es, las reglas de correspondencia C junto con los principios teóricos C dan sólo una interpretación parcial de los términos de V_t .

Por consiguiente, inicialmente, la Concepción Heredada era un cuerpo de teorías que concedía poca importancia al aparato teórico, TC , siendo su función poco más que un medio de introducir las matemáticas en la ciencia. Sin embargo, en la versión más evolucionada de la Concepción Heredada, las teorías se consideran realísticamente como descripciones de sistemas de no-observables que se relacionan de modos no especificables del todo con sus manifestaciones observables; en este análisis el aparato teórico es central, y el énfasis se pone en cómo el aparato teórico se relaciona con los fenómenos.

¿Cuál es entonces el estatus del análisis realizado por la Concepción Heredada? Carnap y Hempel pretendieron con sus análisis ofrecer una "elucidación" del concepto de Teoría Científica. Para Carnap, "la tarea de la *elucidación* consiste en transformar un concepto dado, más o menos inexacto, en otro exacto, o mejor aún, en sustituir el primero por el segundo." En este sentido, la comprensión de la Concepción Heredada pretende ser una *elucidación* del concepto de teoría científica.

La Concepción Heredada empieza especificando una formulación canónica de las teorías en términos de un cálculo axiomático y unas reglas de correspondencia. Esta formulación canónica se supone que está en la siguiente relación con una teoría científica: una teoría científica dada se podría reformular en esta forma canónica y esta formulación canónica captaría y preservaría el contenido conceptual y

estructural de la teoría, pero en ella se vería con mayor claridad y transparencia la naturaleza conceptual o estructural de dicha teoría.

También podemos afirmar que no todas las teorías científicas admiten la formulación axiomática canónica requerida por la Concepción Heredada. Es decir, la Concepción Heredada es plausible para algunas, pero no para todas las teorías científicas. Además, la interpretación que la Concepción Heredada hace de las reglas de correspondencia es indudablemente insatisfactoria. Ve erróneamente a éstas como componentes de teorías, más que como hipótesis auxiliares; en segundo lugar, la interpretación que de ellas da ignora el hecho de que las reglas de correspondencia constituyen con frecuencia cadenas causales explicativas que emplean otras teorías como hipótesis auxiliares; en tercer lugar, su interpretación es excesivamente simple y errónea desde el punto de vista epistemológico.

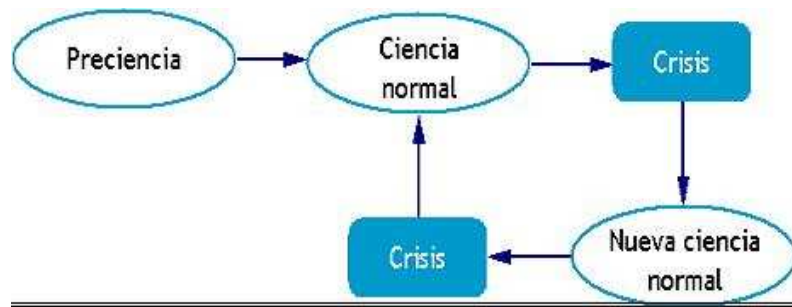
A este respecto, debemos distinguir dos conceptos claramente diferentes: formalización y axiomatización. Uno y otro no son la misma cosa. La axiomatización consiste en el establecimiento de un cálculo axiomático y, por tanto, consiste en una formalización fundamentalmente sintáctica. La formalización abarca tanto las reglas sintácticas de la axiomatización como las técnicas semánticas de la teoría de modelos. De los errores de la Concepción Heredada se deduce que, si la formalización es deseable en un análisis filosófico de las teorías, ésta debe ser de tipo semántico, como veremos en el apartado 4 de este tema 6. Los métodos semánticos de formalización son superiores a los de axiomatización.

Finalmente, también hay visiones de la ciencia que trascienden la formalización ofreciendo una perspectiva diferente y nueva. En ellas, las teorías son consideradas como algo esencialmente dinámico, como entidades en crecimiento. Dichas teorías provienen de una *weltanschauung*, o forma de ver el mundo. Autores como Kuhn o Lakatos parecen interpretar esto como una muestra de que la formalización de las teorías es inadecuada en un análisis filosófico de las mismas. Esto lo veremos en los apartados 2 y 3 de este mismo tema 6.

La mera presentación de una formalización dejará fuera mucho de lo epistemológicamente significativo de las teorías. Por ello, si la formalización tiene derecho a un sitio, es probable que lo tenga en tanto que formalización semántica y no como axiomatización.

3 LOS PARADIGMAS DE KUHN

Son varios los análisis *weltanschauungísticos* propuestos por diferentes autores. Kuhn comenzó su formación centrándose en la historia de la ciencia, con lo que se rompieron muchos de los prejuicios que el autor tenía sobre la ciencia. Gracias a este estudio, Kuhn descubrió que la ciencia es también un producto histórico (de ahí la palabra "revolución" en su obra, concepto típicamente historiográfico) y social (a partir de él derivará el concepto de paradigma). Kuhn intenta ofrecer una imagen de la ciencia ajustada a su historia, con lo que hay que replantearse una visión idílica de la ciencia que la identifica con un saber eterno y atemporal, con esa imagen clásica de la ciencia que la concibe como la disciplina que atesora la verdad. Kuhn resume el cambio científico con el siguiente esquema:



Podemos definir un paradigma de este modo: "Un paradigma está constituido por los supuestos teóricos generales, las leyes y las técnicas para su aplicación que adoptan los miembros de una comunidad científica". Trabajar dentro de un paradigma implica poner en práctica lo que se llama "ciencia normal", que articula y desarrolla el paradigma.

En este desarrollo, surgirán problemas, fenómenos que no quedan explicados por el paradigma. Si estas dificultades se consolidan, puede llegarse a la crisis que se puede resolver sólo desde un nuevo paradigma. Cuando este nuevo paradigma rompe radicalmente con el anterior, se produce una revolución científica. Una vez explicado el funcionamiento del proceso general, podemos explicar uno por uno todos los conceptos que aparecen implicados en el mismo:

El paradigma coordina y dirige la resolución de problemas y su planteamiento. Es el modelo de hacer ciencia que orienta la investigación científica y bloquea cualquier presupuesto, método o hipótesis alternativa. El paradigma es el soporte para la ciencia normal. Consta de leyes y supuestos teóricos, así como de aplicaciones de esas leyes y el instrumental necesario para las mismas. De fondo, aparece también un principio metafísico, una concepción de la realidad y las cosas.

La ciencia normal es la actividad para resolver problemas (teóricos o experimentales) gobernada por las reglas de un paradigma. Sólo desde el paradigma se logran los medios adecuados para resolver problemas. Los fenómenos inexplicados son anomalías, responsabilidad del científico, no de la teoría. El científico "vive" en el paradigma. La preciencia se caracteriza por la falta de acuerdo en lo fundamental, por el "debate" sobre las leyes principales y los principios rectores. La ciencia normal, por el contrario, se sustenta en un modelo compartido, en un acuerdo que sirve como punto de partida para la investigación científica.

Surge la crisis con la existencia de anomalías, aunque sólo eso no implica una crisis necesariamente. Cuando se afecta al fundamento del paradigma y no es superado, el fenómeno constituiría una crisis. Las anomalías conducen a una crisis también cuando haya necesidades o exigencias sociales, tiempo escaso, o acumulación de anomalías. La crisis produce "inseguridad profesional marcada": surge la duda, la discusión, e incluso terminará formándose un paradigma rival.

Hablamos entonces de revolución; la crisis puede dar lugar a un cambio, a un "nuevo mundo". Los científicos rivales "viven en mundos distintos" y hay factores sociales, históricos, económicos, culturales y religiosos que pueden propiciar que un individuo se mantenga en su paradigma. "La elección entre paradigmas rivales resulta ser una elección entre modos incompatibles de vida comunitaria y ningún argumento puede ser lógico ni siquiera probabilísticamente convincente". Intervienen factores personales, psicológicos... Por tanto, la revolución es ejecutada por parte de una comunidad científica y no un científico particular.

En "La estructura de las revoluciones científicas", Kuhn se plantea la naturaleza del cambio científico. Su tesis principal es que la tesis del desarrollo por reducción es incompatible con lo que, en realidad, ha sucedido en la historia de la ciencia. El cambio científico es fundamentalmente revolucionario. "Las revoluciones científicas son... aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en los que un viejo paradigma es sustituido total o parcialmente por otro distinto incompatible con él." Los paradigmas son definidos por Kuhn como "ejemplos aceptados de la práctica científica real-ejemplos que incluyen a un mismo tiempo, ley, teoría, aplicación e instrumentación- (los cuales) proporcionan una serie de modelos de los que surgen tradiciones especialmente coherentes de investigación científica." Esta tesis, el concepto principal de paradigma, ha sido atacada por su vaguedad y poca exactitud de modo que ha llegado a considerarse como un mero comodín o "flogisto" filosófico.

Las críticas de Masterman y de Shapera a la noción de paradigma son enormemente fuertes. En "Segundas reflexiones acerca de los paradigmas", Kuhn admite que el uso que él ha hecho de los mismos confunde e identifica dos nociones muy distintas: la de *ejemplares*, que son soluciones a problemas concretos aceptadas por la comunidad científica como paradigmáticas, en el sentido usual del término; y la de *matrices disciplinares* que son los elementos compartidos que permiten dar cuenta del carácter relativamente poco problemático de la comunicación profesional y de la relativa unanimidad de criterio profesional en el seno de una comunidad científica, y que incluyen entre sus componentes generalizaciones simbólicas, compromisos compartidos de creencias en modelos concretos, valores compartidos y *ejemplares* compartidos.

Para Kuhn, si el cambio científico es fundamentalmente revolucionario, debe de haber también períodos no revolucionarios. Ahora bien, las *matrices disciplinares*, al ser un tipo de *weltanschauungen* científicas, no son susceptibles de una caracterización completamente explícita. Por el contrario, las *matrices disciplinares* se adquieren de forma implícita a través del proceso educacional. Nadie niega que el estudio de los *ejemplares* tales como informes, artículos, experimentos etc... es parte de la formación y de la preparación del científico. Sin embargo, para Kuhn, el científico logra hacerse con una matriz disciplinar a partir del estudio de ejemplares, y éstos determinan en buena medida dicha matriz.

En definitiva, la tesis de Kuhn es que las generalizaciones simbólicas de una teoría no se interpretan de forma explícita. Además, los métodos posibles de aplicación de las generalizaciones de la teoría a los fenómenos no se especifican por medio de algo tan explícito como las reglas de correspondencia; sino que uno adquiere implícitamente cierta destreza en interpretar y aplicar generalizaciones simbólicas modelando dichas aplicaciones sobre los ejemplares arquetípicos estudiados. El tipo de aprendizaje y adiestramiento es de tal naturaleza que no sólo hace que todos los miembros de una comunidad científica mantengan el mismo stock de ejemplares, sino que hace también que todos modelen la aplicación de generalizaciones simbólicas a otros fenómenos de forma esencialmente igual. De donde se deduce que dos comunidades científicas cuyas generalizaciones simbólicas sean las mismas, pero que posean ejemplares significativamente diferentes, conferirán a los términos teóricos un significado diferente e interpretarán por ello sus generalizaciones de forma diferente.

No hay lenguaje observacional neutro alguno. Por último, dado que los ejemplares indican el tipo de cuestiones que se deben plantear y el tipo de respuestas que se deben dar, comunidades diferentes con stock de ejemplares compartidos diferentes disientirán respecto a qué cuestiones se deben plantear y respecto a qué se considerará soluciones a estas cuestiones.

Lo característico de una comunidad científica es, pues, la posesión común de una matriz disciplinar, la cual se adquiere mediante el dominio del stock de ejemplares compartido por la comunidad científica y

del arte de modelar aceptablemente sobre los ejemplares nuevas aplicaciones de sus generalizaciones simbólicas.

Ciencia normal es, pues, aquella ciencia practicada por una comunidad científica que posee en común una matriz disciplinar basada en el stock de ejemplares compartidos. Cuando una comunidad científica surge por vez primera en torno a una matriz disciplinar, el stock de ejemplares puede ser relativamente pequeño. La ciencia normal se ocupa de resolver los problemas abiertos o enigmas planteados por los ejemplares o por la matriz disciplinar basada en ellos.

La crisis es condición necesaria para la revolución científica. La ciencia normal tropieza invariablemente con fenómenos anómalos. Si los esfuerzos no logran hacer cuadrar las anomalías con la matriz disciplinar se produce una crisis científica, escenario para la revolución. La decisión de rechazar una teoría por otra es siempre, simultáneamente, la decisión de aceptar otra. Antes de que se rechace una matriz disciplinar, debe producirse una sustitución, y la revolución científica consiste en un cambio de lealtades. De la vieja matriz disciplinar a la nueva. Esta sustitución no puede ser otra cosa que el fruto de la investigación extraordinaria, la cual, al no estar fijada de antemano por una matriz disciplinar común se convierte en una investigación más libre.

La investigación extraordinaria resolverá la crisis de una de estas tres formas:

- a) Las teorías, ejemplares y técnicas previas a la crisis demuestran, en último término, ser capaces de resolver los problemas.
- b) El problema sigue ofreciendo resistencia incluso a enfoques radicalmente nuevos y es reservado para una próxima generación que posea mejores instrumentos.
- c) Surge un nuevo candidato a matriz disciplinar. Esta tercera forma corresponde a una revolución científica. La vieja teoría y el candidato a sustituirla deben ser lógicamente incompatibles.

La nueva matriz disciplinar puede poseer algún de las viejas generalizaciones simbólicas, pero confiriendo un significado diferente a los términos teóricos. Así, por ejemplo, la Teoría de la Relatividad sigue empleando ecuaciones clásicas de movimiento, pero con significado distinto. El cambio científico es acumulativo sólo dentro de la ciencia normal.

Dos observadores que contemplan las mismas cosas desde matrices disciplinares diferentes ven cosas diferentes. "Aunque el mundo no cambia con un cambio de matriz disciplinar, después de él el científico trabaja en un mundo distinto." Ven cosas diferentes por varias razones.. En primer lugar, los datos que el científico recoge son distintos. Los datos no son puros estímulos sensoriales, sino resultados de clasificar los fenómenos. En segundo lugar, los datos se expresan en el lenguaje de la ciencia y el significado de estas expresiones es diferente en las diferentes matrices disciplinares. Lo que ocurre no es que uno vea el mundo y luego lo interprete desde su matriz disciplinar, sino que más bien uno ve el mundo *a través de* su propia matriz disciplinar y, aunque un cambio de matriz no supone un cambio del mundo, sí supone un cambio de lo que de él se ve y de cómo se lo ve.

Al análisis de Kuhn se le han hecho objeciones desde muchos frentes.

En primer lugar, su noción de "paradigma" ha sido duramente criticada, hasta el extremo de que Kuhn la ha completado con las nociones de matriz disciplinar y ejemplar. En segundo lugar, la consideración que Kuhn hace de la ciencia depende fundamentalmente de la distinción entre ciencia normal y ciencia

revolucionaria y de la idea de que la mayor parte del tiempo la ciencia atraviesa un período de ciencia normal.

En tercer lugar, la idea de que las revoluciones suponen un conflicto entre matrices disciplinares inconmensurables que sólo puede resolverse mediante persuasión y no mediante argumentación lógica, ha llevado a algunos autores a señalar que la ciencia y el cambio científico, en la interpretación de Kuhn, es algo irracional. En cuarto lugar, uno ve "mundos diferentes" desde matrices disciplinares diferentes. Esto supone dejar a la ciencia sin una base fáctica objetiva. Las matrices disciplinares serían no sólo "componentes de la ciencia", sino que hay un sentido en el que son también "componentes de la naturaleza".

En definitiva, si, según la concepción de Kuhn, la ciencia considera el mundo siempre a través de una matriz disciplinar, ¿no cae Kuhn en una cierta forma de idealismo antiempírico?

4 LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION DE LAKATOS.

Lakatos es discípulo de Kuhn y de Popper. Trata de solventar los problemas del falsacionismo desde el historicismo de Kuhn. Su concepto central es el de programa de investigación: "es una estructura que sirve de guía a la futura investigación tanto de modo positivo como negativo". La heurística negativa de un programa conlleva la estipulación de que no se pueden rechazar ni modificar los supuestos básicos subyacentes al programa, su núcleo central. Está protegido de la falsación mediante un cinturón protector de hipótesis auxiliares, condiciones iniciales, etc. La heurística positiva está compuesta por líneas maestras que indican cómo se puede desarrollar el programa de investigación. Dicho desarrollo conllevará completar el núcleo central con supuestos adicionales en un intento de explicar fenómenos previamente conocidos y de predecir fenómenos nuevos. Los programas de investigación serán progresistas o degeneradores según consigan o no conducir al descubrimiento de fenómenos nuevos.

Podemos explicar los conceptos más importantes del siguiente modo:

Núcleo central: es la característica definitoria de un programa. Toma la forma de hipótesis teóricas muy generales que constituyen la base a partir de la cual se desarrolla el programa. Es infalsable, y no se le pueden atribuir las deficiencias explicativas de un programa.

Cinturón protector: laberinto de supuestos que envuelve al núcleo central. Consta de hipótesis auxiliares explícitas que completan el núcleo central, de supuestos subyacentes a la descripción de las condiciones iniciales y de enunciados observacionales.

Heurística negativa: exigencia metodológica de que el núcleo central quede intacto y no sea vea afectado por el desarrollo del programa. El científico debe decidirse por un programa y "tener fe" en su núcleo.

Heurística positiva: indica las líneas de investigación, lo que se puede (y se debe) hacer. Es un "conjunto parcialmente articulado de sugerencias, o indicaciones sobre cómo cambiar y desarrollar las "variantes refutables" del programa de investigación, cómo modificar y refinar el cinturón protector "refutable". Junto a estas hipótesis auxiliares, incluye el desarrollo de técnicas matemáticas y experimentales adecuadas.

Se debe permitir que un programa desarrolle su potencial. Por eso, al principio, las confirmaciones son más importantes que las falsaciones. Sólo cuando el programa es sólido y está consolidado tiene importancia la falsación. Por otro lado, un programa de investigación debe descubrir "nuevos

fenómenos". El programa se puede modificar, siempre que esta modificación no sea "ad hoc", es decir, siempre que la modificación parezca razonable y verosímil. Las modificaciones han de ser comprobables. Los cambios en el cinturón protector son convenientes y expresan la naturaleza "viva" de la teoría. La comparación entre programas debe tomar como criterio su progreso o fecundidad y su degeneración. Con todo, estos criterios no son absolutos y es difícil predecir qué programa será más efectivo, cuál sobrevivirá y cuál desaparecerá. No se puede decir cuál es "mejor". Esto se puede hacer "sólo retrospectivamente".

En resumen, Lakatos intentó adaptar el sistema de Popper a la nueva situación creada por Kuhn. Su intención era crear una reconstrucción racional de la historia de la ciencia, mostrando que ésta progresaba de modo racional. La historia de la ciencia muestra que ésta no avanza sólo falsando las teorías con los hechos, hay que tener en cuenta la competencia entre teorías y la confirmación de teorías. Por ello sustituye el falsacionismo ingenuo de Popper por un falsacionismo sofisticado. En la realidad la ciencia no evalúa una teoría aislada, sino un conjunto de ellas que conforman lo que Lakatos llama "programa de investigación científica". Un programa de investigación se rechaza al completo cuando se disponga de un sustituto superior, que explique todo lo que explicaba el anterior, más otros hechos adicionales. Lakatos reconoce que la dificultad de este esquema radica en que, en la práctica, puede costar años llevarlo a cabo, o incluso ser inaplicable en programas de investigación muy complejos.

5 LA CONCEPCION SEMANTICA Y LA CONCEPCION ESTRUCTURALISTA DE LAS TEORIAS

5.1 Hasta llegar a la concepción semántica...

A lo largo del desarrollo de la filosofía de la ciencia, podríamos establecer que esta disciplina ha pasado por tres etapas principales. En cada uno de estos períodos prevalece una determinada concepción de la naturaleza y estructura de las teorías científicas,

5.1.1 Período clásico,

Hasta finales de los años sesenta, en el que se establece la llamada Concepción Heredada, representado por autores como Carnap, Reichenbach, Popper, Hempel, Nagel, etc.

Se puede considerar como clásico por el hecho de que el conjunto de problemas, teorías e instrumentos y estilos de trabajo que en esta concepción predominan se encuentran presentes en el resto de los planteamientos actuales, bien sea para ser asumidos, modificados o criticados

Su tarea fundamental es reconstruir la estructura lógica de las teorías científicas de acuerdo con el ideal de la unidad de la ciencia. Sus componentes básicos son el método de reconstrucción axiomática de las teorías científicas en el marco del lenguaje formal de la lógica (predominantemente de la lógica clásica), la distinción en los lenguajes de la teoría empírica entre términos (y enunciados) teóricos y términos (y enunciados) observacionales, y finalmente el conjunto de tesis epistemológicas (fenomenalismo, empirismo, etc.) con las que se intenta resolver el problema de las relaciones entre el lenguaje de las teorías y la realidad a la que se refieren

Se trata por tanto de una concepción axiomática, las teorías como sistemas axiomáticos empíricamente interpretados, característica del movimiento del empirismo lógico.

5.1.2 Período historicista o pos-analítico

Iniciado en los sesenta y dominante durante los setenta y principios de los ochenta. Autores representativos son Hanson, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, etc.

Concepción historicista, las teorías como proyectos de investigación. Pone de relieve una serie de características del enfoque clásico que ahora son vistas como limitaciones del mismo. Las dos limitaciones más importantes y generales son la reducción de las teorías científicas a entidades lingüísticas y la limitación de la problemática metacientífica al llamado contexto de justificación.

La ciencia aparece como una empresa compleja, no reducible a su dimensión estrictamente lingüística (que, sin embargo, no se niega), sino inserta en el resto de la cultura y de las actividades sociales, y dotada de un carácter esencialmente dinámico y autotransformador.

Adquiere una importancia especial el problema del cambio de significado de los términos y proposiciones científicas a lo largo del desarrollo de la ciencia. El reto que plantean las teorías de Kuhn y Feyerabend a la filosofía de la ciencia, y que comparten con autores como Hanson, Toulmin, y el último Lakatos, es el reto de la propia racionalidad del cambio científico y, paralelamente, el del estatuto filosófico de la propia teoría de la ciencia.

Por lo que se refiere al significado de los términos y proposiciones científicos la situación se presenta de la siguiente manera: se trata de un problema no ajeno a la concepción analítica clásica, en especial en los planteamientos de Carnap, a partir de sus primeros estudios de semántica.

Pero la semántica de la ciencia disponible en esta tradición no está preparada para dar cuenta de la evolución científica: toda la teoría del desarrollo científico se asienta en el supuesto de la invariancia del significado de los términos científicos.

Aborda cuestiones como la importancia de los estudios históricos y de los determinantes sociales, el problema de la carga teórica de los hechos y el problema de la inconmensurabilidad, las nociones de progreso y racionalidad científicos, o el problema del relativismo.

Sin embargo, a la mayoría de sus tesis subyace, sin implicarlas estrictamente, una nueva visión de la naturaleza y estructura de las teorías científicas, más realista y más fiel a la naturaleza de la actividad científica, tal como la historia nos las presenta.

5.1.3 Período semanticista,

A finales de los setenta y en los ochenta, aunque algunas versiones venían desarrollándose desde bastante antes, se extiende y acaba imponiéndose en general una nueva caracterización de las teorías científicas que se ha denominado Concepción Semántica de las Teorías.

En realidad no se trata de una única concepción sino de una familia de ellas que comparten algunos elementos generales relativamente unitarios en comparación con las caracterizaciones de la Concepción Heredada. A esta familia pertenecen:

- **Suppes**, su pionero en los cincuenta, y su escuela de Stanford, anticipando las ideas y métodos conjuntistas y probabilistas;
- **Van Fraassen** (concepción espacio de estados), **Giere** y **Suppe** en EEUU; Van Fraassen en concreto ha aportado su conocida concepción semántica de las teorías, que ha aplicado al análisis de la mecánica cuántica. **Mosterin** y **Torreti** han hecho también contribuciones en esta dirección.

- Dalla Chiara y Toraldo di Francia en Italia;
- Przelecki y Wójcicki en Polonia;
- y la **concepción estructuralista** (o concepción no enunciativa) de las teorías, iniciada en EEUU por **Sneed** y desarrollada en Europa, principalmente, por **Stegmüller**, Moulines y Balzer.

Las teorías no son colecciones de proposiciones ni de enunciados, sino que más bien son entidades extralingüísticas que pueden ser caracterizadas o descritas por medio de formulaciones lingüísticas diferentes. El enfoque semántico apuesta porque las teorías científicas quedan mejor comprendidas como conjuntos de modelos en el sentido matemático abstracto, que como conjunto de enunciados. Esta observación no demuestra, desde luego, que no se pueda obtener una comprensión adecuada de las teorías a partir del análisis de las formulaciones lingüísticas de las mismas, pero indica que es probable que un enfoque semejante produzca una imagen distorsionada de la naturaleza de las teorías científicas.

En este sentido, es evidente que los enfoques semánticos, no sólo sintácticos, a la hora de analizar teorías constituyen una alternativa válida a la de la Concepción Heredada y a la de los análisis weltanschauungísticos (como por ejemplo los de Kuhn y Lakatos) que se quedan en la mera formulación lingüística.

A la Concepción Heredada, que veía la teoría empírica como conjunto de enunciados, Van Fraassen la denominó enfoque sintáctico-axiomático, en contraposición al enfoque semántico. Dentro del enfoque sintáctico las teorías científicas se conciben como cálculos formales o sistemas formales axiomáticos parcialmente interpretados mediante reglas de correspondencia que relacionan los términos teóricos con los términos observacionales.

La principal dificultad a la que se enfrenta el enfoque sintáctico es su dependencia lingüística, en la implicación que establecen al afirmar que las teorías son entidades lingüísticas. En ellas todo cálculo formal está asociado con un sistema sintáctico, se encuentra bajo el yugo de la sintaxis de un lenguaje. En la práctica científica, está claro que se puede tener dos formulaciones de una misma teoría. Si nos atenemos al enfoque sintáctico, hablar de dos formulaciones diferentes implica hablar de sintaxis diferentes y dos formulaciones en este enfoque significa dos teorías distintas. Así, por ejemplo, desde el enfoque sintáctico las formulaciones lagrangiana y hamiltoniana de la mecánica clásica de partículas contarían como dos teorías distintas.

El enfoque semántico supera esta deficiencia asimilando una teoría con una entidad no lingüística, con un conjunto de modelos. Esta sería la concepción semántica estándar de Suppes. Respecto al estructuralismo, dos son las obras claves: "Logical Structure of Mathematical Physics" de Sneed y "An Architectonic for Science" de Balzer. Para Moulines, el estructuralismo "es esencialmente una teoría acerca de las teorías científicas - acerca de su identidad, estructura, relaciones mutuas y evolución....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."

Se basa en una concepción semántica que ve las teorías como entidades modeloteóricas. La concepción semántica en filosofía de la ciencia se ha desarrollado paralelamente a la concepción pos-analítica, pero manteniendo una más estrecha vinculación con el espíritu, al menos, de la concepción analítica clásica.

En especial se comparte con esta última el uso de métodos formales y de la reconstrucción axiomática de las teorías científicas. Por otra parte, la insistencia de Popper en el carácter teórico de todos los

enunciados científicos ha llevado a abandonar la distinción tradicional absoluta entre términos teóricos y términos observacionales, sustituyéndola por una distinción, contextualizada en relación con una teoría dada, entre aquellos términos que funcionan como teóricos para la teoría en cuestión y aquellos que se consideran no teóricos en relación con la misma teoría (lo que no implica que no puedan ser teóricos en una teoría previa o diferente).

Por lo que se refiere, al problema del contenido empírico o factual de las teorías científicas, en la concepción semántica se abandona también toda pretensión de resolverlo mediante cualquiera de las tesis epistemológicas predominantes en la concepción clásica (fenomenalismo, fisicalismo, operacionalismo); y en lugar de pretender establecer una correspondencia exacta entre las afirmaciones de una teoría y un conjunto de experiencias, datos sensoriales u observaciones, se señala el carácter abstracto -esquemático- de los objetos (sistemas, modelos) de los que se ocupan las teorías.

Finalmente, aunque no en último lugar, se tiende a abandonar también la consideración de las teorías como conjuntos de enunciados relacionados por la deducibilidad, y se impone generalmente su consideración como estructuras cuyo tratamiento es más accesible con los métodos semánticos de la teoría de modelos de Tarski que con los sintácticos de la teoría formalista de la demostración. (A este respecto, sin embargo, la posición de Bunge difiere un tanto de la del resto de autores que comparten la concepción semántica, como veremos más adelante).

Una figura clave y significativa de este enfoque semántico es la de Patrick Suppes. A él se debe la idea de sustituir la axiomatización de una teoría mediante un sistema formal, al que luego se le busca una interpretación adecuada, por la definición semiformalizada de un predicado conjuntista. La discusión en torno al uso de modelos en las ciencias empíricas encuentra también en Suppes una posición característica: aquella que consiste en considerar tanto los sistemas físicos idealizados de que se ocupan las teorías científicas, cuanto los sistemas de datos que sirven para su comprobación y contrastación, como modelos de estructuras abstractas definidas conjuntistamente.

Las dos primeras concepciones, clásica e historicista, son familiares a filósofos y científicos desde hace algún tiempo. La concepción semántica, aunque es más moderna, puede contemplarse ya con suficiente perspectiva histórica. El efecto de la irrupción historicista fue doble. Por un lado, la mayoría de los filósofos de la ciencia sensibles a esta nueva perspectiva concluyeron que la complejidad y riqueza de los elementos involucrados en ella escapa a cualquier intento de formalización. No sólo las formalizaciones al estilo de la Concepción Heredada son totalmente inadecuadas para expresar estas entidades en toda su complejidad, sino que no parece razonable esperar que cualquier otro procedimiento de análisis formal pueda capturar los elementos mínimos de esta nueva caracterización.

Esta es la moraleja antiformalista que se extendió en muchos ambientes metacientíficos tras la revuelta historicista. Como consecuencia, a la estela de estos filósofos se desarrolla toda una rama de los science studies (con importantes, aunque puntuales, antecedentes antes de los sesenta) que se centra en el estudio de los determinantes sociales de la ciencia apoyándose en una considerable investigación empírica. Esta línea de investigación culmina con el asentamiento durante los ochenta de la sociología de la ciencia como disciplina.

Esta no fue sin embargo la reacción en toda la comunidad metacientífica. Asimiladas las contribuciones incuestionables de los historicistas y expurgados sus principales excesos, se recupera durante los setenta la confianza en la viabilidad de los análisis formales o semiformales de la ciencia, al menos en algunos de sus ámbitos, entre ellos el relativo a la naturaleza de las teorías.

5.2 Sneed - Stegmüller: Una aproximación estructuralista

En filosofía de la ciencia se conoce como Estructuralismo al programa de reconstrucción de las teorías físicas propuesto por Sneed y reelaborado y divulgado por Stegmüller y Moulines. El estructuralismo establece una síntesis del aparato formal de Suppes, del racionalismo crítico y del positivismo lógico con la corriente historicista de la ciencia.

El nombre de Estructuralismo surge al considerar las teorías como estructuras. Se trata de una propuesta metodológica que no tiene nada que ver con el estructuralismo lingüístico de Saussure.

Una teoría tiene una estructura formal y un ámbito de aplicación. Además, puesto que las teorías no se encuentran aisladas sino interrelacionadas, también es necesario estudiar las relaciones entre teorías, las redes de teorías. Entre estas relaciones encontramos la de reducción, quizás la más destacada por su papel en la unidad de la ciencia. A pesar de las múltiples teorías que puedan coexistir para explicar los mismos hechos, la unidad ontológica de la ciencia puede salvarse si todas ellas son reductibles a una sola teoría, o a unas pocas no inconmensurables entre sí.

Esta relación interteorética desempeña un papel fundamental, por ejemplo, en el trabajo de los físicos en su búsqueda de la Teoría del todo. Moulines propone una definición recursiva de la filosofía de la ciencia como teorización sobre teorizaciones, cuya epistemología no es descriptiva, ni prescriptiva, sino interpretativa. Las teorías de la ciencia son construcciones culturales, pero ello no implica que la filosofía de la ciencia sea sustituida por una sociología de la ciencia.

El libro de Sneed, *The Logical Structure of Mathematical Physics*, va a constituir sin duda un hito fundamental en la evolución de la actual filosofía de la ciencia. El objetivo de esta obra es proporcionar un método de análisis de las teorías científicas alternativo al punto de vista tradicional de los herederos del Círculo de Viena y dentro del espíritu que acabamos de definir como común a los partidarios del enfoque semántico. Aunque escrito solamente con la pretensión de que el sistema interpretativo valga para las teorías altamente formalizadas de la física matemática (el material real de cuyo análisis se ocupa es la mecánica clásica de partículas según la axiomatización de McKinsey, Sugar y Suppes), las ideas que desarrolla parecen generalizables a otros tipos de ciencias.

El último capítulo dedicado a la dinámica de las teorías científicas constituye un intento de respuesta a los problemas planteados por la nueva filosofía de la ciencia, especialmente por Kuhn, a propósito del cambio científico. No es extraño, pues, que el mismo Kuhn reconozca que con el aparato analítico de Sneed se puede por fin decir de manera precisa lo que él mismo expuso en términos fundamentalmente intuitivos. La idea de que el formalismo de Sneed constituye el nuevo marco de referencia obligado para tratar filosóficamente el problema de la estructura y el cambio de las teorías científicas debe su difusión a la insistencia con que Stegmüller la ha desarrollado.

La idea fundamental de este nuevo enfoque de la filosofía de la ciencia se puede enunciar así: una teoría científica consta de dos componentes principales, un núcleo K y conjunto I de aplicaciones propuestas (intended) de la teoría. K es una estructura matemática; I es el conjunto de sistemas que constituyen modelos de K . Analizar una teoría científica es poner de manifiesto su estructura matemática o núcleo estructural, así como localizar el conjunto de sus aplicaciones. De esta manera se combinan en la teoría de la ciencia el análisis formal y la tarea histórico-pragmática de localizar las aplicaciones paradigmáticas que constituyen un componente esencial de la teoría.

Por lo que se refiere al análisis del núcleo estructural, Sneed utiliza el procedimiento de axiomatización de Suppes. En esencia se trata de entender la axiomatización como definición de un predicado conjuntista, tal como se realiza frecuentemente en matemáticas. Un ejemplo sencillo es la Definición de grupo:

x es un grupo si existen D , o tales que

(1) $x = \langle D, o \rangle$

(2) D es un conjunto no vacío.

(3) o es una función cuyo dominio es $D \times D$ y cuyo rango es un subconjunto de D .

(4) o es asociativa en D .

(5) Para cualesquiera elementos a, b de D , hay un elemento e de D tal que $a = boe$ y $a = eob$.

Naturalmente la teoría de grupos se puede axiomatizar también en la lógica de predicados de primer orden con identidad introduciendo el signo de función $=$ y está claro que cualquier modelo de esta teoría será también de la axiomatización-definición anterior, es decir será un grupo.

Desde el punto de vista de la axiomatización de teorías de la física se ha instituido sin embargo en que el primer procedimiento es preferible. De hecho es el que implícitamente (según Suppes) se utiliza en las axiomatizaciones no formalizadas más corrientes. Sneed afirma además que el procedimiento conjuntista permite clarificar de forma enteramente nueva la estructura lógica de las proposiciones empíricas de una teoría científica.

Supongamos, por ejemplo, una «mini-teoría» m que reproduce de forma aproximada y muy simplificada la estructura de la mecánica clásica de las partículas. «Es un S » constituye el predicado fundamental de la teoría m , y queda definido mediante los siguientes axiomas

Definiciones de S : x es un S si

(1) $x = \langle D, t, n \rangle$

(2) D es un conjunto finito no vacío

(3) n, t son funciones cuyo dominio es D y cuyo rango es el conjunto de los números reales.

(4) Para todo elemento y de D , $t(y) > 0$.

Una vez definido así el predicado fundamental de la teoría, las afirmaciones empíricas de ésta se reducen a un esquema básico: consisten en afirmaciones de que determinado sistema a es un S . Si la teoría m fuera la mecánica clásica de partículas y S fuera el predicado «ser un sistema mecánico clásico», el contenido empírico de m estaría constituido por afirmaciones del tipo «El sistema Tierra-Luna es un sistema clásico de partículas», etc. Otras afirmaciones empíricas más específicas, como por ejemplo «el valor de la función $n\{a\}$ para el elemento $a(i)$, del sistema a es r » (por ejemplo «la masa de la Tierra es r ») serían componentes (y por tanto consecuencias lógicas) de la proposición empírica fundamental en la teoría: « a es un S ».

Desde esta perspectiva se puede arrojar nueva luz sobre el problema de los términos teóricos. Para ello es preciso, en primer lugar, definir claramente lo que es un término teórico. La propuesta de Sneed es relativizar este predicado transformándolo en «teórico para una teoría T dada»; es decir no se hablará de términos teóricos frente a términos observacionales, sino simplemente de términos «T-teóricos» o teóricos en relación con la teoría T, y de términos «no T-teóricos» es decir no teóricos en relación con la teoría T.

La definición que se propone para T-teórico es esta: una función f se considera teórica respecto a una teoría T (T-teórica) si la determinación de los valores de f supone la validez de la teoría T. Esta definición de teoriedad pone de manifiesto el problema básico que plantea la presencia de términos teóricos: si el valor de una afirmación empírica en que aparece un término T-teórico depende de la validez de la teoría y ésta sólo se puede establecer estableciendo la validez de sus afirmaciones empíricas estamos condenados al círculo vicioso, o al regreso al infinito.

La solución a este problema es una adaptación del procedimiento de Ramsey para la reducción de los términos teóricos. En síntesis el procedimiento consiste en traducir una afirmación del tipo «a es un S» por otra del tipo: «existe un sistema x tal que x es un S y a es el resultado de eliminar en x las funciones teóricas de S».

Si decimos que un sistema x del que se obtiene el sistema a eliminando de X las funciones T-teóricas es un enriquecimiento a y simbolizamos « x es un enriquecimiento teórico de a » por Rxa , entonces la formulación Ramsey de la proposición «a es un S» queda así:

$$\forall x (Rxa \wedge x \text{ es un } S).$$

Si llamamos M a los sistemas que son S (modelos de S) podemos llamar $M(p)$ (modelos posibles de S) a aquellos sistemas que serán modelos de S si los valores de sus funciones T-teóricas están de acuerdo con los axiomas que definen la estructura S; y $M(pp)$ a los sistemas que son modelos parciales posibles de S, es decir a aquellos sistemas que resulten de la eliminación de las funciones teóricas de $M(p)$.

Para nuestra «miniteoría» una entidad que satisficiera los tres primeros axiomas sería un modelo posible de S, y cualquier conjunto finito no vacío D sería un modelo parcial posible. En mecánica clásica de partículas un sistema de partículas con posición, masa y fuerza determinadas es un modelo posible de la teoría; el correspondiente sistema cinemático de partículas con una posición dada es un modelo parcial posible de la mecánica.

De acuerdo con este análisis el núcleo estructural S de una teoría puede representarse como un cuádruple: $K = \langle M(pp), M(p), R, M \rangle$

en el que M es el conjunto de los modelos de la estructura S. Y $M(p)$, $M(pp)$ son los modelos posibles y parciales posibles de S, según el sentido que acabamos de dar a estos términos, y R es la relación de enriquecimiento teórico xay , con y perteneciente a $M(pp)$ y x perteneciente a $M(p)$.

En las teorías científicas este núcleo estructural debe ser completado con la especificación de constricciones C que afectan a las funciones teóricas en las aplicaciones efectivas de la teoría. Estas constricciones son necesarias si, como generalmente es de esperar, las diversas aplicaciones de una teoría no son sistemas disjuntos, o los valores de una función teórica en una aplicación no son independientes de los valores de obtenidos en otra.

Tal es el caso, por ejemplo, en mecánica clásica, del valor de la función masa para la Tierra que es invariante independientemente de que el sistema considerado sea el sistema Tierra-Luna, o Tierra-Sol o Tierra-Proyectil, etc. La estructura de estas constricciones se puede representar como una relación entre los dominios de las funciones teóricas y sus rangos de tal manera que si entre los elementos de la unión de dominios de las funciones (entre los elementos de diversas aplicaciones de la teoría) vale la relación B , entonces entre los elementos de los rangos (valores numéricos) de esas funciones vale la relación B' .

Por ejemplo, en nuestra miniteoría: si el elemento a , de la aplicación a es idéntico al $a(i)$, de la aplicación $a[i]$, entonces $n(a(i)) = n(a[i])$.

Completando el núcleo estructural de una teoría con estas constricciones tendremos:

$$K = \{M(pp), M(p), R, M, C\}.$$

El otro elemento de una teoría es el conjunto I de las aplicaciones propuestas (intended). El conjunto de las aplicaciones de una teoría, considerado desde un punto de vista abstracto es en realidad el conjunto M de sus modelos.

Históricamente, sin embargo, las aplicaciones que propone el fundador de la teoría constituyen un conjunto concreto para el que deben cumplirse las relaciones siguientes:

$$M \text{ está contenido en } M(p) \text{ contenido en } I \text{ contenido en } M(pp)$$

Stegmüller insiste en que uno de los componentes fundamentales de la noción de paradigma de Kuhn se puede identificar con este conjunto I de aplicaciones propuestas para una teoría. Para dar cuenta del desarrollo histórico de una teoría es preciso acuñar todavía el concepto de expansión o núcleo expandido E .

La expansión del núcleo de una teoría consiste en la adjunción de leyes específicas L con sus respectivas constricciones legales $C(L)$ y una relación específica de enriquecimiento $R(L)$ de un subconjunto de $M(pp)$ en L ; un núcleo expandido será pues una estructura.

$$E = \langle M(pp), M(p), R, M, C, L, C(L), R(L) \rangle$$

Desde esta perspectiva se puede entender el desarrollo histórico de una teoría como la expansión de su núcleo. Pero esta expansión lleva consigo la ampliación del conjunto I de aplicaciones propuestas. Si llamamos $I(o)$ a las aplicaciones paradigmáticas de la teoría en el momento de su invención y llamamos $I(t)$ a las aplicaciones de la teoría expandida en el tiempo t , el desarrollo normal de una teoría en el sentido de Kuhn queda caracterizado por la condición de que $I(o)$ está contenido en $I(t)$ (implica la permanencia del paradigma).

Correlativamente una revolución científica se caracterizaría por el desplazamiento de un paradigma, es decir, por la variación en el núcleo estructural de la teoría. Este análisis da cuenta bastante fielmente de algunas de las ideas básicas subyacentes a la teoría kuhniana de la ciencia. Desde el momento en que una teoría no es equivalente al conjunto de sus afirmaciones empíricas, sino que es una estructura abstracta más, un conjunto de aplicaciones históricamente dadas, no se puede hablar propiamente de refutación de una teoría (en realidad de un núcleo teórico o paradigma).

Esto no implica, sin embargo, conceptualizar la labor del científico normal como una tarea acrítica: el científico en un período normal es perfectamente racional dentro de su paradigma cuando trata de encontrar expansiones del núcleo de su teoría y del conjunto I de sus aplicaciones. Desde este punto de vista es posible el progreso científico dentro de un paradigma como una forma de progreso «normal».

Respecto a la racionalidad del cambio de paradigmas o desplazamiento de teorías, Stegmüller defiende la posibilidad de hablar también aquí de progreso científico siempre que la teoría desplazada T se pueda reducir a la nueva teoría T'. Condición necesaria de esta relación de reducción es que el conjunto M(pp) de modelos parciales posibles de T quede incluido en el conjunto M(pp) de modelos parciales posibles de T'. Condición suficiente será que para cada modelo M de T exista un modelo M' de una expansión de T' obtenida mediante leyes y constricciones específicas del núcleo de T'.

Hasta aquí las ideas básicas de la posición de Sneed y Stegmüller. Kuhn ha señalado, como ya hemos dicho, la importancia de este esquema interpretativo para dar cuenta de su concepción del cambio científico. Plantea, sin embargo, según él, las siguientes dificultades:

Desde un punto de vista histórico una teoría no se constituye necesariamente mediante el procedimiento de expansión de un núcleo inicial; sino que las cosas pueden suceder al revés y la teoría formarse mediante el agrupamiento de leyes y aplicaciones que comparten aspectos comunes.

Desde un punto de vista histórico la distinción entre el núcleo y la expansión de una teoría es relativa, y los criterios pueden variar con el tiempo. Por ejemplo: ¿pertenece la tercera ley de Newton al núcleo de la mecánica clásica o es una expansión del mismo?. De hecho, a finales del XIX esta ley entró en conflicto con la teoría del electromagnetismo y este hecho supuso, para algunos científicos una crisis de la teoría de Newton.

Por último, el problema de la inconmensurabilidad de teorías en las revoluciones científicas no le parece plenamente resuelto a Kuhn con el expediente de la reducción. En primer lugar porque no siempre es posible lo que llamábamos la condición suficiente para la reducción: es decir, puede haber conceptos teóricos de la teoría reducida T que se pierdan en la nueva teoría T'; esto sucede especialmente cuando T es una teoría cualitativa y T' una teoría cuantitativa, como era el caso entre las teorías químicas del flogisto en el siglo XVIII y la nueva química cuantitativa del XIX. Por otro lado es problemático hablar de la reducción de las aplicaciones I de la primitiva teoría T a un subconjunto de las aplicaciones I' de T' puesto que lo que aparece como un caso especial de la nueva teoría no es el conjunto inicial I, sino un conjunto nuevo y más pequeño definido mediante restricciones impuestas al conjunto inicial. Concretamente el conjunto I de las aplicaciones propuestas de la mecánica clásica se establecía sin restricciones respecto a la magnitud de la velocidad de una partícula, mientras que la reducción de ese conjunto a la mecánica relativista supone de hecho una limitación del mismo al especificarse tales restricciones.

Esto le parece a Kuhn un índice de que todavía subsiste un hiato de irracionalidad en las revoluciones científicas, es decir de intraducibilidad literal de los enunciados de T a los de T'. En uno de los últimos artículos de Stegmüller se responde de hecho a las dificultades señaladas por Kuhn. Respecto al primer punto Stegmüller sustituye la idea de núcleo estructural y de expansión de ese núcleo por la de red teórica como situación histórica efectiva de una teoría que se compone de diversas leyes de aplicaciones en gran parte solapadas, y en la que se puede distinguir analíticamente un núcleo básico.

Por otra parte la especificación de este núcleo básico puede hacerse desde diversos criterios lógicos, epistemológicos o históricos, con lo que se relativiza la segunda observación de Kuhn. Y en relación con la racionalidad del cambio de paradigmas o de núcleos estructurales, Stegmüller propone de hecho una revisión del propio concepto de racionalidad y progreso científico. Este no se puede concebir de forma lineal y absoluta. En un estado determinado de la ciencia, se puede hablar de progreso si es posible

reducir una teoría a otra en el sentido de que las predicciones, explicaciones, etc., de la primera sean recogidas por la segunda, es decir si ambas teorías se aplican a los mismos objetos aunque los conciban de distinta manera. Pero en último término, si la posibilidad de reducción no es completa, el problema de la opción por la nueva teoría no es un problema de racionalidad teórica, sino de racionalidad práctica, que habría que tratar, dice Stegmüller, con los métodos de la teoría de la decisión racional.

A modo de conclusión y resumen de esta breve exposición de las concepciones de Sneed - Stegmüller podemos señalar los siguientes puntos:

El análisis de Sneed permite distinguir claramente entre las proposiciones que figuran en la exposición o el uso de una teoría y la teoría misma.

Una teoría es un compuesto de un núcleo estructural abstracto más un conjunto de pretendidas aplicaciones de ese núcleo a sistemas físicos.

El desarrollo normal de una teoría consiste en la expansión de su núcleo mediante leyes específicas y la expansión del conjunto de las aplicaciones; en tal caso se puede hablar de un progreso científico en el seno de un mismo paradigma en el sentido de Kuhn o de un mismo programa de investigación en el sentido de Lakatos.

Las revoluciones científicas de que habla Kuhn pueden entenderse como progresos científicos si la teoría desplazada se puede reducir a la nueva teoría. Se puede hablar así no de progreso absoluto y acumulativo de la ciencia sino de un progreso relativo a una determinada línea de desarrollo. En todo caso, en la operación de desplazamiento de teorías puede haber un componente práctico (o pragmático) cuya caracterización tendría que ver más con la lógica de la decisión que con la de la racionalidad teórica.

Una de las aportaciones más significativas de este enfoque de la estructura de las teorías científicas consiste en haber puesto de relieve lo que podríamos llamar el aspecto constructivista de la teorización científica. Inventar una teoría es construir una estructura y proponer un conjunto de aplicaciones. Por otra parte tiene el mérito evidente, señalado por todos, de haber proporcionado instrumentos analíticos poderosos para dilucidar los aspectos lógicos presentes en la historia del desarrollo científico, hasta el punto de que hoy puede parecer anticuada la pregunta del debate entre Kuhn y Popper. Tenemos que decir, sin embargo, que no es ésta la única manera de superar los planteamientos analíticos clásicos ni de integrar las aportaciones de la filosofía postanalítica de la ciencia.

5.3 La noción de teoría de Suppes

Frente al intento de los anteriores empiristas lógicos de formalizar teorías de la física en lenguajes de primer orden, que resultaba un tanto forzado e innecesariamente complicado, Patrick Suppes fue el primero en proponer una concepción semántica y estructural de las teorías, caracterizadas como familias conjuntistas identificadas con los modelos de la teoría. Esta manera de presentar las teorías en el lenguaje informal de la teoría de conjuntos resultaba así más intuitiva y familiar.

Patrick Suppes es el primero en criticar la práctica general de la Concepción Heredada de identificar las teorías con determinadas formulaciones lingüísticas. En pleno apogeo de la Concepción Heredada y de su enfoque sintáctico-axiomático, Suppes plantea ya en los cincuenta las principales objeciones que se le pueden hacer.

Como alternativa a la axiomatización clásica, desarrolla un programa alternativo de axiomatización de teorías científicas con el que se inaugura el enfoque semántico. Su propuesta es desarrollada por él

mismo y algunos de sus discípulos de Stanford; en este desarrollo E. Adams tiene una posición especialmente destacada al contribuir con una modificación esencial a la propuesta original de Suppes.

Durante cierto tiempo, sin embargo, ese nuevo enfoque no recibe general atención y queda reducido a la llamada escuela de Stanford. Es a finales de los sesenta y principalmente durante los setenta, una vez superados los momentos más radicales de la revuelta historicista de los sesenta, cuando la propuesta modelista iniciada por Suppes se extiende entre la comunidad metacientífica y es aceptada en sus aspectos más generales.

El nuevo procedimiento de axiomatización consiste en la introducción de lo que Suppes llama un predicado conjuntista: "axiomatizar una teoría es definir un predicado conjuntista". En esencia, un predicado tal es una manera específica de definir una clase de modelos. En este caso, tal manera se caracteriza básicamente por entender los modelos en el sentido técnico de la teoría de modelos, como sistemas o estructuras constituidas por una serie de dominios básicos y relaciones y funciones sobre ellos. El recurso formal que se utiliza para definir la clase de modelos es entonces el lenguaje semiformal de la teoría intuitiva de conjuntos, completado con todos los recursos matemáticos necesarios propios de la teoría que se está axiomatizando, por ejemplo, para la mecánica clásica se usan en la axiomatización conceptos del análisis. El lema de Suppes es que "el instrumento para axiomatizar las teorías científicas no es la metamatemática sino la matemática".

En esta propuesta hay que distinguir dos contribuciones, ambas importantes pero diferentes. Una es la propuesta de caracterizar una teoría definiendo una clase de modelos. Otra es la precisión de la noción de modelo en términos de secuencias de entidades conjuntistas de cierto tipo y la estrategia vinculada de determinar los modelos mediante el lenguaje conjuntista adecuadamente enriquecido. La primera es más general que la segunda, se puede concordar con Suppes en el enfoque modelista general pero discrepar en el desarrollo específico del mismo; de hecho eso es lo que hacen algunos miembros de la familia semántica. Eso no quiere decir que la segunda contribución no sea importante.

Para Suppes, y para los que le siguen también en esto, la técnica conjuntista es mucho más dúctil y manejable que la clásica, permitiendo reconstruir efectivamente teorías interesantes de la ciencia real. En la perspectiva clásica, el recurso formal para la axiomatización es exclusivamente la lógica de primer orden, por lo que si observamos estrictamente tal restricción, la axiomatización de una teoría física matematizada contiene como parte la axiomatización de toda la matemática que presupone, algo que distaba mucho de estar realizado, incluso de ser prácticamente realizable. Por ello, los ejemplos de axiomatizaciones que se manejan casi siempre en la Concepción Heredada son maquetas muy simples y poco interesantes, que no se corresponden con teorías científicas usadas realmente por los científicos.

Un predicado teórico conjuntista es un predicado del tipo "x es un sistema sysstef w(..x..)" donde w es específica:

Las entidades que componen x, que es una estructura o secuencia de conjuntos y relaciones y funciones sobre ellos.

Los tipos lógicos de las entidades componentes de x, esto es, si se trata de dominios de objetos, de relaciones o de funciones;

Su constitución relativa, esto es, los dominios y contradominios de las relaciones y funciones;

Sus propiedades matemáticas, esto es, si ciertos conjuntos son finitos, o infinitos numerables, o si cierta función es continua, etc. Los axiomas mediante los que se hacen estas caracterizaciones son meras tipificaciones, son por tanto axiomas sui generis, o como diremos después, axiomas impropios.

No imponen constricciones efectivas a las estructuras, simplemente nos dicen de qué tipo de entidades están constituidas, qué propiedades matemáticas tienen y cuáles son las relaciones lógicas de constitución entre ellas.

Condiciones restrictivas no puramente constitutivas o lógicas. Esto es, se trata de axiomas en sentido propio que tienen un efecto constrictivo. A las estructuras que satisfacen las condiciones definicionales de (2) se les impone ahora como condiciones adicionales las leyes, en sentido tradicional, de la teoría. Son efectivamente restrictivas porque las cumplirán sólo algunas de las estructuras especificadas en (2), otras no. Muchas veces tendrán la forma de relaciones entre varias de las entidades; por ejemplo, si en la estructura hay dos operaciones, una de estos axiomas propios puede exigir que una sea distributiva respecto de la otra. Pero a veces pueden afectar a un sólo componente; por ejemplo, se puede exigir que cierta operación sea asociativa. Para fijar las ideas, reproducimos como ejemplo la definición del predicado "x es un sistema de mecánica de partículas".

Definición: x es un sistema de mecánica newtoniana de partículas sysSdf , f existen P, T, s, m, f tales que:

$$(1) X = \langle P, T, s, m, f \rangle$$

(2) P es un conjunto finito no vacío.

(3) T es un intervalo de números reales.

(4) s es una función de $P \times T$ en el conjunto de vectores tridimensionales (tríos ordenados) de números reales, dos veces diferenciable sobre T.

(5) m es una función de P en el conjunto de números reales tal que, para todo p perteneciente a P: $m(p) > 0$.

(6) f es una función de $P \times T \times N$ en el conjunto de vectores tridimensionales (tríos ordenados) de números reales. (Pero, tengamos presente aquí para mayor claridad, que): (N es el conjunto-ayuda de números naturales, que marca con un índice la f para cada p y t; podríamos escribir 'f(i)(p,t)' en lugar de "f(p,t,i)"

(7) Para todo p perteneciente a P y t perteneciente a T: $m(p) \cdot d^2/dt^2(s(p,t)) = \text{Sumatorio } (i \text{ pertenece a } N) f(p,t,i)$

(8) Para todo p perteneciente a P, q perteneciente a P y t perteneciente a T:

$$(i) f(p,t,i[q]) = - f(q,t,j[p])$$

(ii) $s(p,t)$ producto vectorial $f(q,t, j[p]) = - s(q,t)$ producto vectorial $f(q,t, j[p])$.

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

serie de vectores fuerza, las fuerzas actuantes sobre la partícula en ese instante; en vez de tener varias funciones, tenemos una única función que tiene como argumentos, además de partículas e instantes, ciertos índices que distinguen los diferentes vectores-fuerza actuantes sobre p en t ; así, $f(p,t,i) = \langle x(1),x(2),x(3) \rangle$ y $f(p,t,j) = \langle y(1),y(2),y(3) \rangle$ con i distinto de j , son los valores de dos fuerzas diferentes actuantes sobre la partícula p en el instante t . (7) y (8) son los axiomas propios, expresan las leyes propiamente dichas de esta teoría. (7) expresa el segundo principio de Newton: la suma (vectorial) de las fuerzas actuantes sobre una partícula en un instante es igual a la variación de cantidad de movimiento, o como se suele decir, al producto de la masa de la partícula por su vector-aceleración en ese instante. (8) expresa (con ciertas deficiencias técnicas) el principio de acción y reacción: las fuerzas que se ejercen mutuamente dos partículas son de igual módulo y dirección y de sentidos contrarios.

Este es un ejemplo típico de la axiomatización suppesiana de una teoría mediante la definición de un predicado teórico-conjuntista. Debe quedar claro que lo que se hace es, como habíamos anunciado, definir cierta clase de modelos. Las estructuras que satisfacen (I)-(8) son, "por definición", sistemas mecánicos newtonianos. Presentar la mecánica newtoniana es presentar (definir) esa clase de modelos. Debe quedar claro también que esos modelos están sometidos a, son caracterizados a través de, algunas condiciones efectivamente restrictivas. Las condiciones (I)-(6), meras tipificaciones, determinan simplemente el tipo lógico-matemático de las entidades que constituyen los sistemas. Las entidades de ese tipo lógico, que satisfacen (I)-(6), son, por decirlo así, candidatos a ser modelos de la teoría; esto es, entidades de las que tiene sentido plantearse si se comportan del modo que dice la teoría, si cumplen las leyes propiamente dichas. Si una estructura no tiene una función que asigne a los elementos del dominio números reales, no tiene sentido preguntarse si cumple o no el segundo principio de Newton, pues tal principio involucra funciones de ese tipo.

A las estructuras que satisfacen las tipificaciones las llama Suppes posibles realizaciones. Lo que debe quedar claro es que lo esencial de una teoría no son (sólo) sus posibles realizaciones, sino (principalmente) sus realizaciones efectivas o modelos en sentido propio. La teoría no sólo contiene tipificaciones, contiene condiciones adicionales que son restrictivas en el sentido de que algunas de las posibles realizaciones las cumplirán, pero otras no.

No por tener el tipo de conjuntos y funciones que especifican (I)-(6) toda estructura va a satisfacer (7)-(8); puede ser que tenga ese tipo de entidades, pero que sumes los vectores fuerza para una partícula en un instante, multipliques su masa por su aceleración, y simplemente no te de el mismo resultado. Las realizaciones efectivas o modelos de una teoría son aquellas realizaciones posibles que además satisfacen los axiomas propios; el conjunto de modelos será por tanto en general un subconjunto propio del conjunto de realizaciones posibles.

5.4 Adams y las aplicaciones pretendidas.

Hasta aquí lo esencial de la nueva caracterización que hace Suppes de las teorías científicas, debemos ver ahora brevemente la importante modificación que introduce su discípulo E. Adams.

Esta modificación intenta subsanar lo que Adams considera una insuficiencia de la versión original. Esta insuficiencia tiene que ver con algo que hemos hecho al presentar el ejemplo de Suppes, y que él mismo hace, y que sin embargo no es claro que se pueda hacer desde sus presupuestos. Una vez presentado el predicado conjuntista, hemos indicado cuál era la interpretación pretendida de las entidades componentes de los modelos, esto es, partículas físicas, sus masas, posiciones especiales, etc.

La cuestión es, ¿quién dice eso?, ¿cómo dice eso la teoría? Puede ocurrir que el predicado sea satisfecho por entidades que ontológicamente nada tengan que ver con esas entidades pretendidas.

Por ejemplo, que los ángeles, junto con su "cantidad de espíritu", sus "afinidades" o lo que sea, satisfagan esos axioma. O, por poner un ejemplo menos absurdo, esos axiomas son satisfechos de hecho por estructuras puramente matemáticas, esto es, estructuras tales que el conjunto P está constituido por números. En otras palabras, entre los modelos efectivos, no meramente entre las posibles realizaciones, sino entre las realizaciones efectivas que cumplen (7) y (8) además de (1)-(6), hay seguro sistemas puramente matemáticos (y quizás "angélicos" u otros de parecida rareza), sistemas de los que no pretende hablar la teoría.

Parece claro que es esencial a una teoría empírica el que pretenda aplicarse sólo a algunos de sus modelos, que no se pensaron los principios newtonianos para sistemas puramente matemáticos (o angélicos). Pero si presentar una teoría consiste exclusivamente en presentar una clase de modelos definiendo un predicado conjuntista (con axiomas impropios y propios), no se ve cómo se puede recoger ese hecho.

La cuestión en juego es, como el lector habrá adivinado, la de la interpretación empírica. El predicado conjuntista que define los modelos, es un mero formalismo matemático abstracto carente de interpretación empírica, o mejor dicho compatible con interpretaciones muy diferentes, tanto empíricas como no empíricas; el conjunto de modelos que tal predicado determina incluye sistemas de la más variada constitución, tanto empíricos como matemáticos.

Efectivamente, estamos de nuevo ante el viejo problema de la conexión del formalismo con la experiencia. Otro modo de presentar la objeción a Suppes es mostrar que su caracterización, sin elementos adicionales, no permite distinguir las teorías empíricas de las teorías matemáticas. Para Suppes eso no es un problema tan grave, pues piensa que en realidad la diferencia entre unas y otras no es siempre tan clara como se pretende, y que una ventaja de su enfoque es justamente que hace explícito ese hecho. Naturalmente Suppes no pretende negar que a veces hay una diferencia. Reconoce que hay casos en que es así y ofrece una vía para dar cuenta de ella. Sin embargo, Suppes no piensa que esa diferencia, cuando se da, haya de reflejarse en la estructura aparente de la teoría. La diferencia radica en que, en las teorías empíricas (matematizadas), la determinación-medición de algunas de (o todas) sus magnitudes vincula dicha magnitud con situaciones empíricas cualitativas que fundamentan la medición; p.e., la función masa está ligada a procedimientos de comparación cualitativa mediante balanza de brazos. Esas situaciones empíricas cualitativas sobre las que descansa en última instancia la medición, son estudiadas por las llamadas teorías de la medición fundamental.

La interpretación empírica de un teoría se expresa entonces a través de los vínculos que guardan sus magnitudes con las teorías de la medición fundamental. La interpretación empírica no se manifiesta "inmediatamente" en la caracterización-axiomatización de una teoría.

Adams plantea esencialmente la misma objeción, pero de un modo que no permite resolverla apelando a la medición fundamental. La objeción de Adams es que si caracterizamos las teorías, como hace Suppes, exclusivamente mediante el conjunto de sus modelos o realizaciones efectivas, entonces no es posible hacer explícito el elemento "veritativo", o "proposicional", de las teorías; esto es, no es posible hacer explícito el sentido en que las teorías son verdaderas o falsas, o si se prefiere, correctas o incorrectas. El conjunto de modelos caracteriza un modo en el que pueden ser las cosas, el modo en el que según la teoría son las cosas. Pero ¿qué cosas? La teoría quiere decir "así son las cosas". Pero, ¿qué cosas dice ella que son así?: ¿planetas?, ¿péndulos?, ¿países?, ¿ángeles?, ¿simples números? El "así" está expresado por el conjunto de modelos. Pero si eso es todo lo que tenemos, nos falta algo que exprese "las cosas" de las que se pretende que son de ese modo.

Sin eso no podemos expresar esa pretensión de la teoría. Como vimos, esta pretensión es esencial a las teorías, pues éstas son ideadas para dar cuenta de parcelas específicas de la realidad. Y esta pretensión contiene el elemento proposicional de las teorías, pues se expresa una afirmación

susceptible de ser verdadera o falsa: verdadera si esas cosas son efectivamente así (si están entre los modelos), falsa si no lo son.

Adams propone "abordar el concepto de verdad o corrección [...] a través de la noción de interpretación pretendida [intencional] o modelo pretendido [intencional] de la teoría, [...] que es cualquier sistema del cual [...] se pretende que se ajusta a los axiomas. Hay siempre en general un enorme número de sistemas que satisfacen los axiomas de la teoría, pero en las teorías de la ciencia empírica, normalmente sólo unos pocos de ellos serán aplicaciones o modelos pretendidos". Son modelos pretendidos de la mecánica newtoniana, por ejemplo, el sistema formado por la Tierra y la Luna, o el constituido por el Sol con los planetas, o un plano inclinado, o un proyectil sobre la Tierra, etc. La identificación o caracterización metateórica de una teoría debe incluir entonces, además del conjunto de modelos que satisfacen el predicado, un conjunto de aplicaciones de las que se pretende que se comportan como la teoría dice, que están entre los modelos.

Resumiendo: "Si la verdad y la falsedad han de ser definidas, hemos visto que se deben tener en cuenta dos aspectos de una teoría: primero, el aspecto formal que corresponde al predicado conjuntista definido mediante los axiomas, (... o mejor,) la extensión de dicho predicado, el conjunto de los sistemas que satisfacen los axiomas; y segundo, el aspecto aplicativo, que corresponde al conjunto de modelos pretendidos. Formalmente, una teoría T se caracterizará como un par ordenado de conjuntos $T = \langle C, I \rangle$ tal que C es el conjunto de todas las entidades que satisfacen los axiomas, y I es el conjunto de modelos pretendidos."

Como se ve, una teoría no es estrictamente una entidad de la que cabe predicar primariamente la verdad o la falsedad, pero en un sentido lato, derivativo, sí que es adecuado, y esencial, decir que puede ser verdadera o falsa: "La teoría es verdadera si y sólo si todos sus modelos pretendidos satisfacen sus axiomas, en caso contrario es falsa. Si

$T = \langle C, I \rangle$, entonces T es verdadera si y sólo si I está incluido en C ", lo que expresa sucintamente la aserción o hipótesis empírica vinculada a la teoría, de la cual ésta hereda su valor veritativo.

Esta es la modificación esencial con la que Adams contribuye al programa de Suppes. En la versión de Adams, esta modificación presenta sin embargo algunas dificultades. La más aparente es que queda oscuro el modo en que se seleccionan las aplicaciones pretendidas y, sobre todo, la contrastación de la aserción empírica.

Por supuesto que las aplicaciones no se "extraen" simplemente de entre los modelos del conjunto C , pues entonces la aserción sería tautológica. El modo en que se seleccionan es esencialmente pragmático y no se puede representar de manera completamente formal. Pero algo más de precisión formal es necesaria para dar cuenta del carácter de la aserción. Nótese que si en la determinación de las aplicaciones, en la medición de los valores de las magnitudes del sistema-aplicación del que se quiere contrastar si se ajusta o no a las leyes de T , se usaran las leyes de T , estaríamos ante un expediente autojustificativo. Esto es, si en la determinación de los hechos o base empírica de aplicación se usaran las leyes de la teoría, la aserción se "autojustificaría".

La caracterización de Adams no es lo suficientemente fina para abordar esta cuestión; una de las motivaciones con las que surge el estructuralismo de Sneed es precisamente caracterizar de un modo más adecuado las aplicaciones pretendidas que permita elucidar el carácter no autojustificativo de la aserción empírica.

Antes de concluir con la escuela de Stanford, hay que señalar que el propio Suppes se plantea en cierto momento la cuestión de la aplicación empírica de las teorías empíricas desde una perspectiva

que guarda algo de semejanza con el espíritu de la propuesta de Adams. En un trabajo de 1960, 'Models of Data' defiende que lo que cuenta como datos para una teoría se presenta también en forma de modelos, los modelos de datos. La diferencia entre las teorías empíricas y matemáticas es que en las primeras, y no en las segundas, los modelos de datos son de distinto tipo lógico que los modelos teóricos. Aunque no es totalmente explícito en este punto, parece que la diferencia de tipo lógico a que se refiere en el caso de teorías empíricas, consiste en que los modelos de datos son subestructuras de los modelos teóricos. A juzgar por el ejemplo que presenta, de este modo parece que se debe interpretar su afirmación de que "en la teoría [empírica] se usan nociones teóricas que no tienen un análogo directo observable en los datos experimentales"

En su ejemplo, la teoría del aprendizaje Estes-Suppes, los modelos de la teoría están constituidos por ciertas entidades, algunas consideradas observables y otras no; los modelos de datos están constituidos entonces por los constituyentes observables de los modelos teóricos, de modo que resultan ser subestructuras de aquellos. Los modelos de datos, además, son definidos por sus propias teorías, y es a través de su conexión con estas teorías de datos como adquiere contenido empírico la primera. "Lo que he intentado argüir es que se establece una jerarquía completa de modelos entre los modelos de la teoría básica y la experiencia experimental completa. Más aún, para cada nivel de la jerarquía hay una teoría por derecho propio. A la teoría de cierto nivel le es dado su significado empírico al hacer conexiones formales con la teoría de un nivel más bajo".

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

Tras la revisión de los trabajos fundacionales de Suppes y la contribución de Adams, veremos ahora brevemente los elementos específicos de los principales representantes actuales de este nuevo enfoque. Aunque la implantación general se realiza bajo la influencia de los trabajos de Suppes, no todos los miembros de la familia están directamente influidos por él o le siguen en los aspectos específicos de su propuesta. Se trata más bien de que a la estela de la propuesta específica de Suppes se desarrollan una serie de otras propuestas que en muchos casos comparten con aquél sólo la orientación modelística.

Comparten tan sólo una estrategia general y una preferencia por determinada forma, la modelística, de presentar y analizar los problemas, pero, como también advertimos, no comparten tesis filosóficas sustantivas.

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

Van Fraassen ha hecho su propia versión del enfoque semántico de las teorías (la concepción espacio de estados), de modo que sus temas de investigación son más variados que los del estructuralismo. Tal y como dice Van Fraassen, "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 dada." Esta formulación da un paso adelante, respecto a lo que se ha dado en llamar concepción semántica estándar.

De acuerdo con Van Fraassen, la forma como él emplea el término "modelo" no tiene el sentido de la lógica o semántica formal. Además "los fenómenos son en principio observables por cualquiera, pero la forma de describirlos se elige, se enseña y aprende por humanos que están completamente inmersos en su trasfondo heredado de las teorías, opiniones y suposiciones."

Para Van Fraassen, el objetivo de la actividad de la ciencia es proporcionarnos teorías empíricamente adecuadas y no propiamente verdaderas, un objetivo que él considera pretencioso e inviable. Esta tesis constituye el sello distintivo de su empirismo constructivo en contraposición al realismo. De acuerdo con Van Fraassen, la concepción semántica es epistemológicamente neutral respecto al debate realismo-empirismo.

Van Fraassen coincide con Suppes en que el modo filosóficamente más iluminador de caracterizar una teoría es presentándola como definiendo una clase de modelos. Discrepa de él, sin embargo, en la naturaleza matemática de estas entidades. Frente a los modelos como estructuras conjuntistas de Suppes, van Fraassen opta por los modelos como "puntos" o "trayectorias" en un espacio de estados, idea cuya aplicación a las teorías físicas atribuye a Beth, el cual propone un análisis semántico de las mecánicas newtoniana y cuántica en términos de sistemas constituidos por estados gobernados por las ecuaciones mecánicas fundamentales.

Van Fraassen desarrolla y generaliza esta idea a principios de los setenta. Aunque los detalles son complicados, la idea es la siguiente (van Fraassen advierte sobre las limitaciones para el caso de teorías físicas relativistas, pero no nos detendremos en ello). Un estado de un sistema está definido por los valores de ciertas magnitudes en un momento. Por ejemplo, un estado de un gas queda definido por los valores de la temperatura, el volumen y la presión; se puede identificar por tanto con una triada ordenada $\langle t, v, p \rangle$ de números reales, donde cada componente es, respectivamente, el valor de la correspondiente magnitud. En mecánica, el estado de cada partícula en un instante lo determina su posición $q=[q(x), q(y), q(z)]$ y su momento $p=[p(x), p(y), p(z)]$; el estado se puede identificar con el séxtuplo ordenado $[q(x), q(y), q(z), p(x), p(y), p(z)]$. Los estados se identifican por tanto en general con puntos en un determinado sistema de coordenadas, de tantas dimensiones como componentes tengan los estados, tridimensional en el primer ejemplo, hexadimensional en el segundo. A cada tipo de sistema le corresponde entonces un

espacio de estados, el conjunto de todas las posibles n -secuencias (n es la dimensión del espacio) de valores; los estados posibles de los sistemas de ese tipo son pues los puntos de ese espacio. Lo que hacen los postulados y leyes de una teoría es imponer constricciones sobre las relaciones entre estados, permitiendo ciertas transiciones o coexistencias entre estados y excluyendo otras. Las transiciones se identifican con determinadas trayectorias en dicho espacio, y las coexistencias con regiones específicas del mismo.

Las leyes de una teoría permiten ciertas trayectorias y regiones y excluyen otras; así, de entre todas las trayectorias y regiones lógicamente posibles, la teoría determina sólo algunas de ellas, las físicamente posibles. Como en Suppes, por tanto, la teoría define mediante las leyes una clase de modelos, pero ahora tales modelos son trayectorias o regiones permitidas en un espacio de estados de determinada dimensión.

Esta diferencia en la caracterización de los modelos no tiene consecuencias filosóficas sustantivas. En concreto, la forma de antirrealismo que Van Fraassen defiende, su llamado empirismo constructivo, no depende de las preferencias sobre la forma de los modelos. El empirismo constructivo es una tesis epistemológica acerca de qué creencias implica la aceptación de una teoría. En la defensa de esta tesis epistemológica. Van Fraassen desarrolla toda una variedad de tesis, de orientación general también antirrealista, sobre muchas cuestiones filosóficas sustantivas, como la causalidad, la explicación, las leyes, la modalidad o la observabilidad. No es este el lugar de revisarlas, ni siquiera someramente.

Nos limitaremos para concluir a presentar la idea de base empírica sobre la que sostiene parte de su argumento general. "La parte 'pura' de la teoría define el tipo de sistemas a los cuales se aplica; las aserciones empíricas tendrán la forma de que cierto sistema empírico dado pertenece a tal clase". En realidad la aserción no dice, como en Adams, exactamente que los sistemas empíricos pertenecen a dicha clase, están entre los modelos, sino sólo que son "subsumibles". La diferencia radica en que, en línea con las sugerencias que vimos en Suppes, los sistemas a los que se aplica la teoría son subestructuras de los modelos determinados por las leyes, las subestructuras consisten en quedarnos con la parte observacional de los modelos: "ciertas partes de los modelos [son] identificados como subestructuras empíricas, y esos [son] los candidatos para la representación de los fenómenos observables con los cuales la ciencia se puede confrontar en la experiencia, [...] la adecuación empírica consiste en la subsumibilidad de esas partes en algún modelo único del mundo permitido por la teoría". Lo que hace la teoría es postular la existencia de ciertas entidades inobservables, "ocultas", cuya (supuesta) interacción con las entidades observables produce (pretendidamente) los efectos observables, los fenómenos.

Parte de lo que la teoría sostiene es que esas subestructuras empíricas son subsumibles bajo uno de sus modelos, esto es, que se comportan del modo en que lo harían si el mundo fuese uno de sus modelos, con sus entidades ocultas interaccionando con las observacionales del modo específico indicado en las leyes. Ese es el contenido de la aserción empírica y si dicha aserción es verdadera decimos que la teoría es empíricamente adecuada (que "salva los fenómenos").

Van Fraassen insiste en que eso es sólo parte de lo que la teoría dice, porque quiere defender que la teoría dice también algo más, dice que el mundo contiene tales y cuales entidades además de las observables: "Es claro que podemos discutir dos cuestiones separadas: ¿qué dice la teoría sobre cómo es el mundo? y ¿qué dice la teoría sobre cómo son los fenómenos?"

Puesto que los fenómenos son la parte observable del mundo, y es contingente que haya o no otras partes, se sigue que estas preguntas no son la misma". Lo que quiere defender es que la teoría misma, y no sólo su aserción empírica, puede ser verdadera o falsa. Por eso insiste en que la teoría debe ser una entidad en cierto sentido preposicional, con valor veritativo y susceptible de ser o no creída. Hay un sentido débil en que la teoría puede ser verdadera o falsa, a saber, que su aserción es verdadera o falsa, que la parte observacional del mundo es como dice la teoría. Pero hay un sentido más fuerte en que la teoría puede ser verdadera o falsa, a saber, es verdadera si y sólo si el mundo es como dice la teoría, si es uno de sus modelos.

En el primer sentido prefiere hablar, más que de verdad de la teoría, de adecuación empírica; sólo en el segundo sentido la teoría es propiamente verdadera. Este doble sentido se aplica también a las actitudes proposicionales que podemos tener hacia las teorías. Podemos creer sólo que la teoría es empíricamente adecuada, que su aserción empírica es verdadera; o podemos creer algo más, a saber, que la teoría misma es verdadera. En estos términos puede formular ahora van Fraassen su antirrealismo sucintamente. El realismo no es una tesis ontológica sobre lo que hay, sino una tesis epistemológica sobre lo que estamos justificados en creer que hay. Su antirrealismo (empirismo constructivo) sostiene que al aceptar una teoría estamos justificados sólo en creer en su adecuación empírica, no en su verdad. Aceptar una teoría nos compromete sólo a creer que lo que afirma de la parte observable del mundo es verdad, no a creer que lo que también afirma acerca de inobservables es verdad. Ello se sigue en su opinión de:

- (a) la tesis empirista según la cual la justificación de toda creencia empírica debe descansar en los fenómenos, en la experiencia observable, y

- (b) el hecho lógico de que puede haber teorías diferentes (incompatibles) empíricamente equivalentes.

De (b) se sigue que la creencia en una teoría u otra no está basada en la experiencia, y, por tanto, por (a), no será una creencia justificada. En general, pues, sólo estamos justificados en creer en la adecuación empírica, no en la verdad de una teoría (de toda ella). Aunque no podemos discutir ahora este argumento, debe notarse que para que concluya lo que pretende Van Fraassen, descansa en la premisa implícita de que

- (c) la parte empírica de las teorías es siempre observacional, y el reto todavía pendiente es ofrecer una noción precisa y plausible de observabilidad que sustente (c).

5.6 Suppe: sistemas relacionales; fenómenos, datos y teorías.

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

Suppe sigue a Suppes en la aproximación modelo-teórica general pero, como Van Fraassen, influenciado en su caso por los trabajos de von Neumann y Birkhoff, prefiere caracterizar los modelos mediante estados en un espacio de estados, no al modo conjuntista de Suppes. El instrumental matemático es prácticamente coincidente con el de Van Fraassen y no abundaremos en él.

Una teoría se analiza ahora como un sistema relacional, consistente en

- un dominio que contiene todos los estados lógicamente posibles de los sistemas de que trata la teoría (e.e. el espacio de estados entero) y
- una serie de relaciones entre los estados, determinadas por los postulados o leyes de la teoría, que especifican las trayectorias y regiones físicamente posibles.

El sistema relacional contiene lo que Suppe denomina sistemas físicos causalmente posibles, que son los que hacen de modelos teóricos. Una teoría, entonces, determina, a través de alguna de sus formulaciones, una clase de tales sistemas, una clase de modelos. Para su identidad no es esencial la particular formulación sino la clase de modelos. Mediante la determinación de los sistemas físicos causalmente posibles, la teoría pretende dar cuenta de cierto ámbito de la experiencia, lo que Suppe llama el alcance pretendido ('intended scope'). Este ámbito de aplicación está constituido por sistemas físicos que ejercen de "datos duros" para la teoría. Pero los datos no son en ningún sentido relevante "observables". "Las teorías tienen como su principal objeto los informes de datos duros, no informes de observación directa. [...] La necesidad de una dicotomía observacional/teórico desaparece. La reemplaza la distinción entre datos duros apromblemáticos sobre sistemas físicos y condiciones de entorno y los más problemáticos asertos teóricos acerca de ellos". Los datos son relativamente apromblemáticos en dos sentidos: primero, en que son apromblemáticos en relación con una teoría, aquella para la que son datos; segundo, porque, incluso para la teoría en cuestión, no son totalmente apromblemáticos, en caso de contrastación negativa pueden ser problematizados, e.e. revisados. Ello es posible porque los sistemas físicos que presentan los datos son replicas altamente abstractas e idealizadas de los fenómenos. En la réplica se seleccionan sólo los parámetros del sistema relevantes para la teoría y se abstraen los demás, y los que se seleccionan se idealizan. Por ejemplo, en la determinación del sistema-dato en un caso de caída libre en mecánica, se prescinde de parámetros como el color, etc., y otros relevantes como la velocidad se seleccionan en condiciones ideales, como ausencia de rozamiento, masa puntual, etc. La determinación de los datos es pues un complejo proceso de constitución a partir de los fenómenos, que involucra un gran número de supuestos teóricos en la selección de los parámetros, su medición, la idealización, la determinación de las condiciones de

entorno, etc. En ciertas circunstancias, puede ser más adecuado revisar este proceso que los postulados teóricos. Quizás se piense que esta caracterización de los datos, obtenidos a partir de los fenómenos, abre la puerta trasera a la distinción que se ha abandonado, pues aunque los datos no serían observables, los fenómenos "de los que se extraen" sí. La distinción volvería a ser fundamental, sólo que un peldaño más abajo. Pero no es así. Los fenómenos están constituidos por particulares que poseen ciertas propiedades y que están en ciertas relaciones, pero "estos particulares, sus propiedades y relaciones no necesitan ser observables".

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

5.7 Giere: modelos e hipótesis teórica.

Giere desarrolla su propia versión de la concepción semántica en el marco de un programa metacientífico más amplio de análisis de los diversos elementos de la ciencia desde una perspectiva cognitiva. Desde esta perspectiva, propone considerar a las teorías como medios para definir modelos abstractos de los que se postula su aplicación a ciertos sistemas reales. "Mi sugerencia preferida es que entendamos una teoría como compuesta de dos elementos: (1) una población de modelos, y (2) varias hipótesis conectando esos modelos con sistemas en el mundo real".

Los modelos ahora no se caracterizan como entidades conjuntistas, ni mediante espacios de estado, ni de ninguna otra forma específica. No se les atribuye una naturaleza matemática determinada.

La noción de modelo teórico es aquí extremadamente amplia, son entidades abstractas definidas mediante ciertos recursos sígnicos, generalmente, pero no necesariamente, lingüísticos (p.e. se pueden usar grafos o croquis). A veces los modelos pueden ser "modelos a escala" físicamente contruidos, como en el caso del modelo de doble hélice de Watson y Crick para el DNA. Pero en general no son así y, lo que es importante, en tanto que modelos

teóricos no son (o no cuentan como) entidades físicas. "Un modelo teórico es parte de un mundo imaginado. No existe en ningún lugar excepto en las mentes de los científicos o como sujetos abstractos de las descripciones verbales que los científicos escriben". Por ejemplo, si antes de ir a una fiesta nos "imaginamos" quién viene con quién, estamos determinando, definiendo, una entidad abstracta que es vin modelo de (algunos aspectos de) la fiesta. Otro ejemplo son los mapas. Un modelo es por tanto, como en estos ejemplos, una entidad abstracta y estructurada que representa algo otro.

Los postulados, leyes y ecuaciones que

aparecen en los textos científicos definen estas entidades.

Las ecuaciones son modelos, "entidades socialmente contruidas, no tienen realidad más allá que la atribuida a ellas por la comunidad de físicos". Una vez definidos los modelos teóricos, la teoría formula ciertas hipótesis teóricas. Una hipótesis teórica es un enunciado o proposición que afirma cierto tipo de relación entre un modelo y un sistema real determinado (o una clase de sistemas tales). Giere

enfatisa que a diferencia de los modelos, las hipótesis teóricas sí son entidades lingüísticas (preposicionales), verdaderas o falsas. La relación que se afirma en la hipótesis teórica no es la de identidad, no se afirma que cierto sistema es el modelo; nótese que los sistemas son entidades físicas y los modelos no lo son, son entidades abstractas. La relación afirmada en la hipótesis es la de similaridad. Pero toda relación de similaridad debe ser cualificada para ser mínimamente precisa. Debe relativizarse a determinados aspectos y, en ellos, a cierto grado. La forma general de la hipótesis teórica es pues la siguiente: "Tal sistema real identificable es similar al modelo designado en los aspectos y grados indicados". No todos los aspectos del sistema real se desean reflejar en el modelo. En el caso del modelo para nuestra fiesta, no nos interesa quizás el color de las ropas, o incluso la hora de llegada. Lo mismo ocurre en la ciencia, p.e. en la mecánica no nos interesa el color de los objetos, o incluso a veces tampoco la forma ni el tamaño. Así, las hipótesis contenidas en los textos científicos formuladas en términos identificatorios, expresan en realidad afirmaciones de similaridad. Cuando los físicos dicen "la Tierra y la Luna constituyen un sistema gravitacional newtoniano de dos partículas", lo que están afirmando es: "las posiciones y velocidades de la Tierra y la Luna en el sistema Tierra-Luna se aproximan mucho a las de un modelo newtoniano de dos partículas con fuerza central cuadrático-inversa". Giere desea enfatizar que, en su perspectiva, los enunciados contenidos en la formulación de la teoría no están en conexión directa con el mundo real, sino que se conectan indirectamente con el mundo a través de los modelos. Los enunciados definen los modelos, y los modelos están directamente conectados con el mundo físico a través de la relación de similaridad. Esta relación de similaridad en ciertos aspectos relevantes y hasta cierto grado, es expresada por la hipótesis teórica, que sí es una entidad lingüística. La relación puede darse o no darse, si se da la hipótesis es verdadera, si no es falsa. Podría pensarse que la abstracción, aproximación e idealización de la relación de similaridad se pueden reducir, hasta eventualmente eliminarse, mediante la definición de modelos más completos y precisos. Al aumentar los aspectos relevantes, disminuye la idealización y se afina la aproximación. Por ejemplo, se puede definir un modelo para el oscilador armónico que incluya la fricción; este modelo incluye un nuevo aspecto para la relación de similaridad, es por tanto menos idealizado y puede aumentarse el grado de similaridad o aproximación a los valores del sistema real. Pero eso sólo reduce o estrecha la similaridad, nunca es posible convertirla en correspondencia exacta, en correspondencia entre el sistema y el modelo en todos los aspectos y con una precisión completa.

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

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

La especificación debe apelar necesariamente a intereses humanos, no sólo epistémicos o científicos, sino también a prácticos de diverso tipo. Eso supone una cierta dosis de relativismo, pero no es un relativismo radical: podemos circular por Nueva York, mejor o peor, con dos mapas de Nueva York diferentes, pero no con uno de San Francisco. Este relativismo es compatible en su opinión con cierto realismo, en el sentido de que los modelos representan "hechos del mundo". Pero este es un sentido muy impreciso asumible por los antirrealistas. Precisararlo requiere al menos dos cosas. Primero, caracterizar más finamente los sistemas físicos "del mundo" de los que se predica su similaridad con los modelos, y lo que dice Giere al respecto sobre los datos es muy poco.

Segundo, imponer constricciones claras a la similaridad predicada que permitan, p.e., decir por qué cierto mapa no es un mapa de Nueva York; ¿acaso un mapa de San Francisco no es similar a Nueva York en algunos aspectos? Si las únicas constricciones posibles apelan esencialmente a intereses o prácticas humanas, entonces difícilmente se puede calificar esta posición de realista.

5.8 La concepción estructuralista.

La concepción estructuralista aúna y desarrolla de un modo específico dos tradiciones anteriores. De un lado, el programa Suppes-Adams de análisis y reconstrucción de teorías mediante el instrumental modeloteórico de la teoría informal de conjuntos. De otro, los trabajos de los historicistas, en especial de Kuhn y Lakatos, donde se analizan las teorías como entidades estructuralmente complejas y susceptibles de evolución, con un núcleo central inmutable y un entorno complementario cambiante. Ambos elementos se encuentran ya en *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Uno de los principales problemas de los historicistas es la vaguedad de sus nociones centrales, que consideraban casi siempre ineliminable. En esta obra, Sneed ofrece ya una primera precisión formal, todavía muy tosca, de esas ideas aplicando el aparato conjuntista de Suppes-Adams. La propuesta de Sneed la recoge Stegmüller, dando lugar a toda una serie de trabajos que desarrollan las diversas partes del programa y lo aplican a la reconstrucción de un considerable número de teorías científicas. Estos trabajos culminan parcialmente a mediados de los ochenta con la publicación de *An Architectonic for Science*, de Balzer, Moulines y Sneed, summa del programa que contiene sus principales elementos y algunas reconstrucciones. El programa estructuralista continúa su desarrollo en los ochenta y noventa, tanto extendiéndose a nuevos ámbitos y problemas metacientíficos como aplicándose a la reconstrucción de nuevas teorías (Balzer-Moulines recogen, respectivamente, los principales resultados en ambas tareas).

La concepción estructuralista es, dentro de la familia semántica, la que ofrece un análisis más detallado de la estructura fina de las teorías. Los principales elementos de dicho análisis son los siguientes

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

5.8.1 Elementos del análisis estructuralista:

Elementos teóricos, redes teóricas y evoluciones teóricas.

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

Las redes están formadas por diversos elementos estratificados según su especificidad. Cada uno de estos elementos tiene una parte formal y otra aplicativa. La parte formal global de la teoría-red queda expresada por el conjunto de las partes formales de los elementos constituyentes; su parte aplicativa global por el conjunto de las partes aplicativas de sus constituyentes. A estos elementos constituyentes se les denomina elementos teóricos. La parte formal de los elementos teóricos se denomina núcleo y su parte aplicativa, dominio de aplicaciones pretendidas (o intencionales).

El núcleo K.

El núcleo K, expresa la parte formal de la teoría, las tradicionales leyes. Como en la familia semántica en general, las leyes no se expresan en términos lingüísticos sino modelísticos, entendiendo los modelos, siguiendo aquí a Suppes, como estructuras conjuntistas definidas mediante la introducción de cierto predicado. El núcleo K contiene entonces una serie de modelos, las estructuras que satisfacen los axiomas del predicado. Sin embargo, a diferencia de Suppes y Adams, para el estructuralismo no es adecuado identificar el núcleo con un único conjunto de modelos. Es conveniente que la expresión modelística de la parte formal de la teoría recoja y haga explícitas diversos elementos distintivos, algunos implícitos en la caracterización de Suppes, otros nuevos. Para referirnos a ellos vamos a recurrir al ejemplo de Suppes de la mecánica de partículas.

Modelos potenciales y modelos actuales.

Ya vimos que algunos de los axiomas del predicado conjuntista, en ese caso los axiomas (1)-(6), son meras caracterizaciones o tipificaciones de los modelos. Esos axiomas "impropios", solos, definen efectivamente entidades o modelos, pero sólo el tipo lógico-matemático de los mismos, por lo que toda estructura de ese tipo será modelo de ellos, sin importar qué pase después de sustantivo o específico a sus constituyentes. Los axiomas (7) y (8) no son así, imponen constricciones efectivas adicionales no meramente lógicas, expresan las leyes en sentido propio de las teorías. Eso significa que de todas las estructuras que satisfacen (1)-(6), sólo algunas satisfacen además (7) y (8). Llamaremos modelos potenciales (de la teoría en cuestión), y denotaremos su conjunto mediante 'Mp', a las estructuras que satisfacen los axiomas impropios o tipificaciones, y modelos actuales (de la teoría en cuestión), y denotaremos su conjunto mediante 'M', a las estructuras que satisfacen además los axiomas propios que expresan constricciones no meramente lógicas. Los modelos potenciales son potenciales porque pueden ser modelos efectivos de la teoría, porque son las entidades de las que tiene sentido preguntarse si satisfacen o no las leyes propiamente dichas. Aquellos modelos potenciales que satisfacen las leyes son los modelos actuales o efectivos, siendo inmediato pues que M está contenido en Mp.

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

Condiciones de ligadura ("constraints").

La idea que hay detrás de estas constricciones es que las leyes usuales no son las únicas que imponen condiciones adicionales efectivas a los modelos potenciales. Si consideramos modelos sueltos, sí, pero si tenemos en cuenta varios modelos a la vez, no.

Por ejemplo, según la mecánica clásica no puede ser que una misma partícula p tenga una masa en un modelo x y otra masa diferente en otro modelo y y tampoco permite que si un modelo x contiene una partícula $p(1)$ (p.e. "conductor-más-coche") que es la combinación de dos partículas $p(2)$ ("conductor") y $p(3)$ ("coche"), haya modelos que asignen a $P(2)$ y $P(3)$ masas cuya suma no coincida con la asignada a $p(1)$ en x . La primera condición expresa simplemente que la masa de una partícula es constante, y la segunda que la masa es aditiva, e.e. la masa de un compuesto es la suma de las masas de los componentes. Pero eso no hay manera de decirlo mediante axiomas "normales" que involucren modelos sueltos. La condición que define la ligadura de identidad para la masa es: "para toda partícula p , y modelos potenciales x , y (que tengan a p en su dominio): $m[x](p)=m[y](p)$ ". Esta condición no es satisfecha o insatisfecha por modelos potenciales sueltos sino por grupos de ellos. Por tanto, el efecto que tiene no es determinar un conjunto de modelos, sino un conjunto de conjuntos de modelos, denotado

por ' $C_{=m}$ ' ($C_{=m} \subseteq \text{Pot}(Mp)$). De modo parecido, aunque un poco más complicado, opera la ligadura de la aditividad. Y podría haber otras. En general, cada condición de ligadura en una teoría determinará cierto subconjunto específico de $\text{Pot}(Mp)$. Sean C_1, \dots, C_n ($C_i \subseteq \text{Pot}(Mp)$) los conjuntos determinados por cada una de las ligaduras. Entonces, se puede expresar el efecto constrictivo conjunto de todas las ligaduras, la *ligadura global* GC , mediante la intersección conjuntista de todas ellas, e.e. $GC=C_1 \cap \dots \cap C_n$. GC será un nuevo componente del núcleo K .

' C^{\wedge} ' ($C^{\wedge} \subseteq \text{Pot}(Mp)$). De modo parecido, aunque un poco más complicado, opera la ligadura de la aditividad. Y podría haber otras. En general, cada condición de ligadura en una teoría determinará cierto subconjunto específico de $\text{Pot}(Mp)$. Sean Q, \dots, C_p ($C_i \subseteq \text{Pot}(Mp)$) los conjuntos determinados por cada una de las ligaduras. Entonces, se puede expresar el efecto constrictivo conjunto de todas las ligaduras, la *ligadura global* GC , mediante la intersección conjuntista de todas ellas, e.e. $GC=C^{\wedge} \cap \dots \cap C^{\wedge}$. GC será un nuevo componente del núcleo K .

T-Teoricidad y modelos parciales.

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

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

Los modos para proceder a ello son los procedimientos de determinación de los conceptos. Puedo determinar la distancia entre la Tierra y la Luna haciendo ciertos cálculos a partir del período de rotación y las masas correspondientes. Puedo determinarlo también mediante ciertos procedimientos óptico-geométricos. Puedo determinar la masa de un objeto mediante una balanza de brazos. También mediante una balanza de muelle. O viendo

cuánto se desplaza otra masa tras un chocar con ella a cierta velocidad. Todos ellos son procedimientos de determinación, unos de la distancia, otros de la masa, etc. Pues bien, si un concepto es T-no teórico, si es anterior a T, entonces tiene procedimientos de determinación independientes de T; en cambio si es T-teórico, si es propio de T, su determinación depende siempre de T. Un procedimiento de determinación se considera dependiente de la teoría T si presupone la aplicabilidad de T, la validez de sus leyes, esto es, si usa o presupone modelos actuales de T. La idea es que un concepto es T-teórico si no se puede determinar sin presuponer la aplicabilidad de T, si todo procedimiento para su determinación la presupone; y es T-no teórico si tiene algún procedimiento de determinación T-independiente, si es posible determinarlo sin suponer la aplicación de la teoría, por más que también tenga otros T-dependientes. En el caso de la mecánica que venimos usando como ejemplo, espacio y tiempo son MC-no teóricos, conceptos cinemáticos previos, masa y fuerza son conceptos MCteóricos, los conceptos propiamente mecánicos, dinámicos.

La noción de T-teoricidad permite precisar el último componente del núcleo. Hemos visto que los modelos potenciales expresan el aparato conceptual de la teoría. Es conveniente ahora distinguir en el núcleo entre el aparato conceptual global de la teoría y el aparato conceptual específico de ella, pues de esta diferencia depende la adecuada caracterización de la base empírica. Esta distinción quedará patente en el núcleo incluyendo en K un nuevo conjunto de modelos, el conjunto Mpp de modelos (potenciales) parciales, que se obtienen de "recortar" de los modelos potenciales sus componentes T-teóricos. Se puede definir una función recorte i que genera los modelos parciales a partir de los potenciales: si los modelos potenciales de T son estructuras del tipo $x = \langle D_j, \dots, D_j, \dots, R_j, \dots, R^{\wedge}, \dots, R_{\wedge} \rangle$ y $R_{\wedge}^{\wedge} j, \dots, R_{\wedge}$ son T-teóricos, entonces $r(x) = \langle D_j, \dots, D_j, \dots, R_j, \dots, R^{\wedge} \rangle$. El conjunto Mpp de los modelos parciales es simplemente el conjunto de los modelos potenciales de los que hemos recortado las funciones T-teóricas; en nuestro ejemplo, los modelos parciales son entidades del tipo $\langle P, f, s \rangle$, que no contienen parámetros MC-teóricos, contienen sólo parámetros cinemáticos; mientras que los modelos potenciales $\langle P, t, s, m, f \rangle$ incluyen además

los parámetros dinámicos, los propiamente mecánico-teóricos.

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

Aplicaciones intencionales

El núcleo K es el componente formal de la teoría, pero no el único. Como hemos visto en general en las concepciones semánticas, las teorías empíricas pretenden que las constricciones de K lo son de ciertas partes de la realidad, los sistemas empíricos a los que

se pretende aplicar el núcleo. Estos sistemas empíricos se denominan en el estructuralismo, como en Adams, aplicaciones pretendidas (o intencionales, 'intended applications'), y se denota su conjunto mediante 'I'; en nuestro ejemplo de la mecánica clásica, son aplicaciones pretendidas cosas como el sistema Tierra-Luna, el sistema Solar, un trapecionista en su balancín, dos bolas de billar chocando, una balanza, un esquiador deslizándose por una pendiente, un niño saltando en una colchoneta elástica, un satélite de comunicaciones en órbita, etc. Respecto de la caracterización estructuralista de estas aplicaciones pretendidas, hay dos hechos que hay que tener especialmente en cuenta.

- Las aplicaciones pretendidas de una teoría T se individualizan y describen mediante el vocabulario previo a T, esto es, mediante el aparato conceptual T-no teórico. Así, en los ejemplos mecánicos mencionados, la descripción de las aplicaciones incluyen exclusivamente valores de las magnitudes posición y tiempo, es decir, son descripciones de los sistemas en términos puramente cinemáticos que presentan sus trayectorias espaciales a lo largo del tiempo. Por tanto, las aplicaciones pretendidas que conforman la base empírica de la teoría, los "datos" de la teoría, ciertamente están cargados de teoría, pero no de la teoría para la que son datos sino, en línea con las observaciones que hizo informalmente Lakatos, de otra previa o antecedente. Los datos de la mecánica, a los que se pretende aplicar y sobre los que se contrasta, están cinemáticamente cargados, pero no dinámicamente cargados. Cada aplicación pretendida es entonces un determinado modelo parcial, por tanto I está contenido en Mpp.
- La selección de las aplicaciones, la determinación de I contiene elementos pragmáticos ineliminables, pues tal determinación es esencialmente intencional y paradigmática. La determinación es intencional porque lo que hace de un sistema específico que sea una aplicación pretendida es que sea un objeto intencional de los usuarios de la teoría, que la comunidad científica pretenda que las constricciones-leyes se aplican a tal sistema. Y es paradigmática porque el conjunto I no se caracteriza presentando o listando todos y cada uno de los sistemas físicos que son aplicaciones pretendidas, sino paradigmáticamente. No sólo es una aplicación pretendida de la mecánica un cierto esquiador deslizándose por una pendiente determinada en cierto momento específico, sino cualquier esquiador en cualquier pendiente en cualquier momento; y, por supuesto no sólo los esquiadores, también los ciclistas, y los niños bajando por las barandillas, y los objetos deslizándose por una superficie inclinada, etc.

Elementos teóricos. Contenido y aserción empírica.

Ahora podemos presentar ya la noción estructuralista mínima de teoría, la noción de elemento teórico. Un elemento teórico, una teoría en este sentido mínimo, está constituido por (1) una parte formal que expresa los recursos conceptuales a diferentes niveles y las constricciones-leyes que según la teoría rigen su ámbito de estudio, y (2) una parte aplicativa que especifica en términos preteóricos los sistemas físicos a los que la teoría pretende aplicarse, de los que pretende que son regidos por sus constricciones-leyes. Así, un elemento teórico T se identifica entonces con el par formado por el núcleo K, la parte formal, y el dominio de aplicaciones I, la parte aplicativa: $T = \langle K, I \rangle$. Esta es la noción más simple de teoría, y como veremos resulta parcialmente inadecuada por su "rigidez", pero ya es suficientemente rica y útil para expresar de modo preciso la naturaleza de la aserción empírica de una teoría. Para ello es conveniente presentar primero la noción de contenido de una teoría. Hemos visto que el núcleo K expresa la parte matemático-formal de la teoría. Es en ella donde se presentan las condiciones que, según la teoría, rigen las "partes de la realidad" de que ella trata. Estas condiciones consisten básicamente en las leyes propiamente dichas de un lado, y las condiciones de ligadura de otro, que en el núcleo se corresponden, respectivamente, con los conjuntos M y GC. Sin embargo la teoría al aplicarse no pretende que estas condiciones rigen aisladamente o separadas, sino que las aplicaciones satisfacen todas las restricciones a la vez, tanto las leyes como las ligaduras. Es conveniente entonces "juntar" ambos tipos de condiciones, presentar su efecto restrictivo conjunto. Esto se expresa mediante la noción de contenido teórico, Cont, cuya caracterización conjuntista, $\text{Cont} = \text{Pot}(M)$ intersección GC, no vamos a comentar aquí.

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

Ahora podemos expresar de modo preciso la naturaleza que según el estructuralismo tiene la aserción empírica de una teoría.

La teoría pretende que ciertos sistemas físicos, T-no teóricamente descritos, satisfacen las condiciones impuestas por la teoría en el sentido siguiente: esos son los datos de experiencia que se deberían obtener si la realidad operase como la teoría dice. Esta pretensión se expresa en la aserción empírica de la teoría, que tiene la forma "I pertenece a Con", esto es, el dominio de aplicaciones pretendidas I es uno de los conjuntos de modelos parciales que las constricciones del núcleo K determinan a nivel empírico T-no teóricos. Esta es la versión modelista precisa de la idea intuitiva de que las aplicaciones pretendidas satisfacen individualmente las leyes y, además, satisfacen colectivamente las condiciones de ligadura.

Mejor dicho, no que "ellas mismas" satisfacen esas condiciones, pues ellas son estructuras T-no teóricas y tales condiciones involucran esencialmente a constituyentes T-teóricos de los modelos. La aserción afirma que ciertos sistemas empíricos concretos, descritos T-no teóricamente, tienen el comportamiento que las restricciones legales determinan a nivel T-no teórico.

Aplicada al ejemplo de la mecánica, la aserción, entendida en estos términos, expresa de modo sucinto lo siguiente: los sistemas físicos particulares intencionalmente seleccionados (planos, péndulos, muelles, poleas, órbitas, etc.), son tales que sus valores cinemáticos (posiciones, velocidad y aceleración en ciertos instantes) coinciden con los que deberían tener si en los sistemas estuvieran además presentes ciertos parámetros dinámicos (masas, fuerzas) interactuando con los cinemáticos del modo especificado en la mecánica.

Especialización. Las teorías como redes teóricas.

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

Una red teórica es un conjunto de elementos teóricos que guardan cierta relación entre sí. La idea es que el conjunto represente la estructura (sincrónica) de una teoría en sus diferentes estratos, esto es, en sus diversos niveles de "especificidad". Tal conjunto, partiendo de elementos muy generales, se va concretando progresivamente en direcciones diversas cada vez más restrictivas y específicas, las "ramas" de la red-teoría. La relación que se ha de dar entre los elementos teóricos para considerar el conjunto una red ha de ser de "concreción" o "especificación" o, como se dice en terminología estructural, una relación de especialización. Podemos ilustrar esta situación con el ejemplo de la mecánica que hemos venido manejando. Volvamos a la definición de los modelos de la mecánica tal como vimos que la presentaba Suppes. Suppes exige que los modelos actuales de la mecánica satisfagan tanto el axioma (7), el segundo principio de Newton, como el (8), el principio de acción y reacción. Desde un punto de vista histórico eso es correcto, si por mecánica entendemos mecánica "newtoniana" y por mecánica newtoniana entendemos la que presentó y creía Newton.

Pero desde un punto de vista estructural, la estrategia es inadecuada.

El segundo principio y la ley de acción y reacción no están al mismo nivel, y es importante que este hecho se refleje en la estructura de la teoría. En contra de lo que creía Newton, no todo sistema que se ajusta a su segundo principio satisface además esa ley de acción y reacción. Hay sistemas mecánicos que satisfacen el segundo principio que sin embargo son "no newtonianos", en el sentido de que incumplen dicha ley, p.e., sistemas que incluyen partículas moviéndose en un campo electromagnético (aunque este hecho queda algo oscurecido en la versión, como advertimos, técnicamente muy imperfecta que dimos de la ley). Así, mientras todo sistema mecánico satisface (7), no todos ellos satisfacen (8), sólo lo hacen algunos de ellos. Los modelos actuales que satisfacen (8)

además de (7) son una "especialización" de los que sólo satisfacen (7). Los modelos actuales más generales de la mecánica son los que satisfacen (7). A partir de ahí se pueden abrir varias líneas de especialización. Algunos satisfarán además (8). Otros no satisfarán (8) pero satisfarán otro u otros principios específicos, etc.

Y esto puede pasar también en niveles inferiores. Por ejemplo, no todos los sistemas de acción y reacción satisfacen otros principios adicionales. Unos satisfarán el principio de las fuerzas cuadrático-inversas de la distancia, otros el principio de oscilación, etc. A partir del segundo principio, general, la mecánica clásica se va especializando en diversas direcciones específicas imponiendo progresivamente condiciones adicionales en diversas direcciones con la intención de dar cuenta de aplicaciones específicas. Este es el panorama que pretende recoger y expresar la noción estructuralista de red teórica. La idea que hay tras la relación de especialización es sencilla de precisar tras el ejemplo visto. Un elemento teórico T es especialización de otro T si T impone constricciones adicionales a las de T. Ello supone que:

- los conjuntos de modelos parciales y potenciales de ambos coinciden, e.e. su aparato conceptual es el mismo;
- los conjuntos de modelos actuales y ligaduras de T están incluidos en los de T, pues algunos modelos de T no satisfarán las constricciones adicionales que añade T;
- el dominio de aplicaciones pretendidas de T está incluido en el de T, esto es, el elemento más específico se pretende aplicar a algunas aplicaciones del más general.

Una red teórica es entonces un conjunto de elementos teóricos conectados mediante la relación de especialización. Aunque puede haber en principio redes teóricas de muchas formas, en todos los casos reconstruidos hasta ahora la red ha resultado ser arbórea, con un único elemento teórico en la cúspide a partir del cual se especializan los restantes en diferentes direcciones.

Evoluciones teóricas.

Mediante el concepto de red teórica se captura la estructura de una teoría en un momento dado en toda su complejidad; este concepto expresa adecuadamente la naturaleza de las teorías desde un punto de vista sincrónico o estático. Las redes arbóreas corresponden a la estructura sincrónica de las teorías explicitada informalmente en los trabajos de Kuhn y Lakatos. Pero estos autores enfatizaron también, y fundamentalmente, la dimensión diacrónica de las teorías. En un sentido interesante de 'teoría', las teorías son entidades persistentes, se extienden en el tiempo pasando por diferentes versiones y conservándose, a pesar de ello, "la misma"; la Mecánica Clásica, p.e., es, en un sentido interesante, una misma teoría de Newton a Lagrange, a pesar de los cambios que sufre en ese período.

Este

fenómeno es lo que, imprecisamente, expresaban Kuhn y Lakatos mediante, respectivamente, las nociones de ciencia normal, y evolución de un programa de investigación. Con ayuda del aparato visto, el estructuralismo pretende hacer algo más precisas estas ideas. La noción estructuralista que captura la naturaleza de las teorías en toda su complejidad, incluida su dimensión diacrónica, es la de evolución teórica. No vamos a ver aquí en detalle esta noción, que supone la inclusión de nuevos elementos pragmáticos fundamentales, principalmente comunidades científicas y períodos históricos. La idea básica es que una evolución teórica es una determinada sucesión de redes teóricas en la que se conservan determinados elementos constantes a lo largo de toda la sucesión.

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

en los estudios diacrónicos de Kuhn y Lakatos que el estructuralismo expresa de modo preciso, tan preciso como es posible.

5.8.2 Y qué dice Moulines de todo esto...

Para Moulines, en el estructuralismo, la clase más simple de estructuras que podemos emplear para decir algo acerca del mundo es una estructura compuesta por un núcleo K y su correspondiente dominio de aplicaciones intencionales I . El par (K,I) es lo que llamamos elemento teórico.

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.

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."

Moulines plantea que "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 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 leyes".

5.9 La semántica de Bunge

Mario Bunge no ha escrito su tratado de semántica pensando en Kuhn, a quien apenas cita de pasada, ni en Sneed, a quien no cita. Cita, sin embargo a Suppes para polemizar con él. Su propósito es construir una teoría semántica unificada de la ciencia factual que concibe como radicalmente diferente a la semántica de las ciencias formales e imprescindible para posibilitar el análisis del significado de los términos y proposiciones científico- factuales.

El punto que más radicalmente diferencia a Bunge respecto a la concepción de Sneed-Steigmüller tiene que ver con su distinción entre semántica de las ciencias formales y semántica de las ciencias factuales, distinción que hunde sus raíces en una epistemología realista.

Mientras una teoría matemática se refiere a «objetos conceptuales» o con los que es posible en principio intentar la tarea de construir un modelo que satisfaga todos los axiomas de la teoría, una teoría científica factual -una teoría física, por ejemplo- se refiere a entidades no conceptuales, a cosas reales, independientes de la teoría, y que trascienden, por lo tanto, los límites fijados por la construcción conceptual.

En este sentido no es posible esperar que ninguna entidad real constituya un modelo formal de una teoría científica. Los modelos factuales que se utilizan en la ciencia son ellos mismos entidades teóricas que hay que someter a control y a contrastación empírica.

Por lo que se refiere a la formalización de una teoría científica, la posición de Bunge difiere también bastante de la de Sneed, aún alejándose igualmente de las posiciones de la filosofía analítica clásica. Lo más característico es el mantenimiento del ideal de axiomatización completa (aunque no necesariamente formalizada) de la teoría y no sólo de la estructura matemática de la misma. Este ideal exige incorporar al sistema de axiomas no sólo la definición de un predicado conjuntista, sino también las estipulaciones semánticas que determinen la referencia factual de los conceptos de la teoría, así como el hacer explícito el trasfondo de la misma, tanto por lo que se refiere a la lógica y las matemáticas en que se formula como al marco teórico general que se supone (al que -para el caso de las teorías físicas- Bunge llama protofísica), y que puede incluir, por ejemplo, una teoría del espacio, del tiempo, de la medición, un concepto de sistema físico, etc.

Por último, el análisis debe distinguir claramente entre la referencia factual de una teoría y la evidencia empírica de la misma. Toda teoría física debe tener una referencia física, pero la estipulación de tal referencia es una parte de la teoría y, como tal, puede ser falsa. Por otra parte, aunque es necesario que la teoría sea contrastable empíricamente, la contrastabilidad no tiene por qué ser directa (es decir, los referentes de una teoría no tienen por qué ser reducibles a entidades observables o procesos operacionales), aunque sí debe darse la posibilidad de control empírico indirecto, a través de otras teorías. Sin embargo, las teorías no se identifican con el lenguaje en que son formuladas, sino con los constructos (conceptos y proposiciones) designados por ese lenguaje.

El significado de una teoría es el significado de sus conceptos y proposiciones. Tal significado está determinado conjuntamente por el sentido y la referencia. El sentido de una teoría a su vez se concibe como la unión de sus supuestos y sus implicaciones (así pues el sentido es un conjunto de constructos o entidades conceptuales), y en el caso de teorías axiomatizadas está determinado por el conjunto de sus conceptos primitivos.

La referencia pretendida de la teoría es el conjunto de objetos (físicos, si es una teoría física) que se propone representar. No es ahora nuestro propósito entrar en una consideración detallada de la semántica de Bunge. De su teoría del significado se pueden extraer sin embargo algunas conclusiones interesantes para el problema del desarrollo de la ciencia y del cambio semántico.

Las ideas de Bunge a este respecto son de tipo más bien continuista; la ciencia, en principio, es una actividad que se caracteriza por su carácter progresivo, lo cual hay que entenderlo en una doble dimensión:

Profundidad

Extensión.

La profundidad, especialmente, es un requisito para la madurez de la ciencia y se obtiene precisamente (aunque no de forma garantizada) mediante el uso de conceptos teóricos, inobservables, explicaciones de «mecanismo» y no sólo fenomenológicas, así como mediante la sistematización, axiomatización y fundamentación de las teorías.

El cambio científico tiene naturalmente repercusiones semánticas; pero la idea de inconmensurabilidad semántica de dos teorías no puede tomarse sino como caso límite que no encuentra realización en la historia real de las ciencias. El significado de dos teorías puede diferir tanto por su sentido como por su referencia. Para que sean semánticamente comparables basta que alguno de estos dos componentes de su significado tengan elementos comunes. Sólo si la intersección de las clases de conceptos primitivos de las dos teorías es vacía, y lo es también la intersección de sus clases de referencia, se puede hablar de incomparabilidad total de dos teorías.

Por último la idea de la permanencia de un núcleo estable, resaltada por Kuhn y Lakatos y recogida por Stegmüller, como hemos visto, es compatible también con la semántica de Bunge, aunque con otra significación. Según este autor existen en la ciencia teorías de un máximo nivel de abstracción (concepto éste que se puede formular de manera precisa en su sistema semántico) que no son refutables por ningún tipo de experiencia. Su presencia no plantea sin embargo más problemas que el de su fertilidad y su papel clarificador en la fundamentación (madurez) de las teorías.

Para concluir, si comparamos los planteamientos de Sneed-Stegmüller con los de Bunge, observamos que, sobre una serie de analogías básicas, se dan unas diferencias bastante significativas y que afectan a problemas generales en cuanto a la forma de concebir filosóficamente la naturaleza de las teorías científicas. Las analogías residen en su común relativización de la distinción teórico-observacional, en el planteamiento de las teorías científicas como algo que no se reduce a entidades lingüísticas, y en la importancia concedida al tema del significado de las teorías.

Las diferencias, sin embargo, son notables. Mientras Sneed mantiene el concepto de teoría y de modelo sacado de la lógica y las matemáticas, Bunge considera que la naturaleza de las teorías factuales es enteramente original. La posición de Sneed le lleva a comprender una teoría física como un «agregado» de una estructura matemática y un conjunto de «aplicaciones» que constituyen en realidad fenómenos históricos irreductibles. El interés de su análisis reside en la luz que arroja sobre las relaciones entre estas aplicaciones y aquella estructura matemática. Si hubiera de encontrar una tesis ontológica general que cuadrara bien con el espíritu de la obra de Sneed, me arriesgaría a apuntar la tesis de la armonía preestablecida.

Bunge por el contrario se mueve en el marco de una ontología materialista y una epistemología realista. Su análisis de las teorías científicas se esfuerza por comprender su semántica específica, menospreciando para ello el posible componente pragmático que queda relegado en parte a la metodología.

Una teoría filosófica de la ciencia puede evaluarse atendiendo a dos criterios: su capacidad para reconstruir la estructura de la ciencia, y su capacidad para aclarar e interpretar coherentemente el desarrollo científico. Tanto el formalismo de Sneed como la semántica de Bunge son importantes contribuciones por lo que se refiere al primer criterio. Y sólo por eso pueden verse como interesantes marcos teóricos para enfocar el estudio del segundo tipo de problemas.

Las aportaciones de Stegmüller van encaminadas a poner de manifiesto cómo el análisis de Sneed puede aclarar la dinámica de las teorías tal como ha sido vista por Kuhn, Lakatos, etc. Las consecuencias últimas de su análisis se encaminan sin embargo, hacia una cierta relativización del concepto de revolución científica que está en perfecta sintonía con lo que cabe esperar de la aplicación de la semántica de Bunge al mismo tipo de problemas.

Pero hay otro aspecto del desarrollo científico que ocupó un lugar central en la filosofía analítica clásica y que sigue teniendo una gran importancia en los planteamientos de Bunge: el problema de la lógica de la investigación o de la metodología. Por el momento no me parecen suficientes las indicaciones de Stegmüller, que se limitan a postular una sustitución de las pretendidas normas metodológicas por unas «recomendaciones» más modestas. El problema de la metodología no es formular normas para el descubrimiento de la verdad, pero tampoco enunciar recomendaciones para hacer ciencia, sino comprender el sentido de las operaciones que se realizan en la investigación científica. La capacidad para iluminar en detalle estos aspectos de la ciencia sería una buena piedra de toque para evaluar el formalismo de Sneed y la semántica de Bunge.