HACIA UN NUEVO CONCEPTO DE TEORIA EMPIRICA

ULISES MOULINES

Según la concepción estándar en filosofía de la ciencia, una teoría científica es un *conjunto de enunciados,* donde por enunciado se entiende una entidad lingüística con significado, que puede ser verdadera o falsa (una entidad lingüística *interpretada*). Según esta concepción, las teorías científicas ideales son las que están perfectamente axiomatizadas y formalizadas de modo que usen un cálculo deductivo. La teoría ideal consta de unas fórmulas primitivas no deducibles de otras que, al ser interpretadas sobre un determinado universo, dan lugar a los axiomas específicos de la teoría. De estos axiomas se deducen formalmente otros enunciados. El conjunto de los axiomas y de sus consecuencias lógicas constituye la teoría. En las teorías "menos ideales", que aún no han sido formalizadas en un cálculo deductivo, sino a lo sumo semiformalizadas, las consecuencias lógicas no podrán obtenerse por vía de deducción formal, sino sólo por razonamientos más o menos informales. Pero en cualquier caso, la teoría no es más que un conjunto de enunciados.

A esta concepción general la ha llamado W. STEGMÜLLER "concepción lingüística de las teorías" y aunque la denominación sea quizá discutible, subraya con el calificativo "lingüística" el punto en el que se hace hincapié: las teorías son entidades lingüísticas, a saber, series de enunciados.

Ésta es la concepción básica compartida explícita o implícitamente por la mayoría de los filósofos de la ciencia más notables del último medio siglo, por distintos que sean sus puntos de vista respecto de otras cuestiones: RAMSEY, CARNAP, REICHENBACH, POPPER, BRAITHWAITE, NAGEL, HEMPEL. Es el punto de partida para los análisis de esos autores, la base desde la cual tratan cuestiones tan diversas como la explicación científica, la confirmación o corroboración de teorías, la distinción entre términos teóricos y observacionales, las relaciones interteóricas, etc.

La concepción lingüística de las teorías tiene dos grandes ventajas: primera, que es extraordinariamente simple, elegante y fácil de comprender; segunda, que es máximamente general: pretende abarcar todos los campos del saber científico (e incluso para-científico), tanto las ciencias formales, como las empíricas, y dentro de estas últimas, tanto las que usan un lenguaje cuantitativo, como las que sólo han llegado al estadio cualitativo. En una palabra, teorías, en el sentido de conjuntos axiomatizados (o axiomatizables) de enunciados, deben ser los constituyentes de todas las ramas del saber que pretendan ser científicas, desde el álgebra abstracta, hasta el psicoanálisis y la etnología.

Es obvio que históricamente esta concepción ha sido tomada de las ciencias formales. Lógicos y matemáticos no han considerado que tenían una idea clara de lo que eran la teoría de conjuntos o la geometría, por ejemplo, hasta que las han tenido perfectamente axiomatizadas y formalizadas. Y con esto han quedado por lo general satisfechos. Si alguien le pregunta a un matemático hoy día: "¿Qué es la aritmética (como teoría)?", éste puede dar una respuesta bien sencilla: mostrar los cinco axiomas de Peano y decir: "eso es la aritmética (o bien: eso, junto con sus consecuencias lógicas)". Así queda perfectamente claro lo que es la teoría aritmética. Lo mismo puede hacer con la geometría euclídea, con la teoría de grupos o con las diversas teorías de conjuntos existentes.

Muchos filósofos, entre ellos los arriba mencionados, han supuesto que el mismo tipo de respuesta sencilla podía darse, *mutatis mutandis,* en las ciencias empíricas. Una de las aserciones más claras y explícitas que conozco de este punto de vista aplicado a las ciencias empíricas es la de BRAITHWAITE, justo al comienzo del capítulo segundo de su *Explicación científica* (1): "Una teoría científica es un sistema deductivo en el que se siguen lógicamente consecuencias observables de la consideración conjunta de hechos observables y el conjunto de hipótesis fundamentales del sistema; por tanto, todo estudio de la naturaleza de una teoría científica es estudio de la del sistema deductivo que se utilice en ella".

Esto es una expresión del famoso *covering-law model,* el modelo estándar del funcionamiento de las teorías. Según él, tener una teoría es tener un conjunto H de axiomas o hipótesis fundamentales. Si tenemos además un conjunto C de hechos ya observados ("condiciones iniciales"), o mejor dicho, un conjunto C de *enunciados* sobre hechos ya observados, podemos inferir de $C \cup H$ un conjunto de resultados empíricos R. Con una también famosa metáfora de HEMPEL, las teorías científicas son como máquinas ideales de hacer salchichas: por un lado entran los cerdos, por el otro salen las salchichas. Podemos añadir: si las salchichas que salen responden a nuestras expectativas gastronómicas, consideramos que la máquina funciona bien; en caso contrario, abandonamos la máquina (= la teoría) y tratamos de construir una nueva, que realmente responde a nuestras expectativas.

El lector quizá ya habrá observado que en esta concepción de las teorías empíricas hay una asimetría respecto al caso de las teorías formales. Allí sólo hablábamos de un conjunto de axiomas y sus consecuencias; aquí hay que hablar de condiciones iniciales y de resultados empíricos. Surge la pregunta: ¿está constituida una teoría sólo por el conjunto H, o bien además por los conjuntos C y R? (Si está constituida por C, también estará constituida por R, y viceversa, puesto que, por regla general, habrá simetría entre C y R desde el punto de vista lógico.) A esa pregunta, la respuesta del lógico que conoce bien las teorías matemáticas será seguramente: la teoría sólo está constituida por H. La respuesta del empírico sería seguramente mucho más imprecisa e indecisa: en muchos casos le gustaría poder decir (y de hecho dice) que C y R forman parte de la teoría. El científico dirá, por ejemplo, que las condiciones iniciales C se expresan en el mismo lenguaje (con las mismas funciones métricas, por ejemplo) que el utilizado para H;

incluso, si se sustituye H por H', también habrá que cambiar C por C' en la mayoría de los casos, puesto que los conceptos usados serán distintos.[1] Si las teorías son sólo conjuntos de enunciados H, no se ve claro por qué tendrían que afectar otros enunciados C que, según el lógico, no pertenecen a la teoría.

Pero existen aún algunas otras dificultades, de carácter más formal. Supongamos que un investigador pretende sistematizar mediante una ley superprimitiva del tipo

$$\bigwedge x\,(Px \rightarrow Qx)$$

un dominio de individuos D finito y no-vacío, y sólo ese dominio. Supongamos, además, que el investigador no dispone de una descripción extensional de D, sino sólo intensional (éste es, con mucho, el caso más frecuente en las sistematizaciones de dominios finitos). El investigador formula entonces la siguiente teoría:

$$H := \quad \bigwedge x\,(x \in D \rightarrow (Px \rightarrow Qx))$$

Ahora bien, independientemente de lo que el investigador *sepa* o no, el dominio D estará constituido por cierto número determinado de individuos: $a_1, \ldots, a_n$ (puesto que es finito).

$$D = \{a_1, \ldots, a_n\}$$

Supongamos que el investigador descubre que a_1 concretamente cumple: $a_1 \in D$ y Pa_1. Su teoría le permitirá hacer el siguiente razonamiento:

$$\begin{array}{ll} H := & \bigwedge x\,(x \in D \rightarrow (Px \rightarrow Qx)) \\ C := & a_1 \in D \wedge Pa_1 \\ \hline R := & Qa_1 \end{array}$$

Por otra parte, admitamos que los i primeros individuos de D satisfacen el predicado P y los n-i restantes no. Desde un punto de vista puramente semántico, el enunciado H es equivalente entonces a

$$H' := \quad (Pa_1 \wedge Qa_1) \wedge \ldots \wedge (Pa_i \wedge Qa_i) \wedge \neg Pa_{i+1} \wedge \ldots \wedge \neg Pa_n$$

Según la concepción que criticamos, Pa_1 y Qa_1 no son enunciados que pertenezcan a la teoría, puesto que forman parte de C y R en el razonamiento del investigador. Pero, en cambio, constituyen una parte de H', que es semánticamente equivalente a la teoría H (en efecto, los modelos empíricos que

1. Este hecho sencillo corresponde en parte a lo que algunos autores recientes, como FEYERABEND, han expresado con algo más de oratoria, diciendo que "todo es teoría" o algo por el estilo.

satisfacen H son exactamente los mismos que satisfacen H').[2] Esta situación es totalmente insatisfactoria desde un punto de vista lógico-semántico.

Luego, por lo general, será razonable admitir los conjuntos de enunciados C y R en el concepto de teoría. Una teoría empírica ya no será tan sólo un conjunto de axiomas con sus consecuencias lógicas, sino que habrá que añadir condiciones iniciales y resultados.[3] El concepto de teoría empírica se ha hecho así más complejo que el de teoría formal. Pues, si la teoría ha de ser un conjunto de enunciados, a la pregunta "¿qué es la teoría T?", el científico ya no puede responder "eso" y señalar simplemente una lista de unos cuantos axiomas. Ya no se puede dar una lista en absoluto.

Con todo, esto no representa todavía un grave *handicap* para la concepción lingüística de las teorías. Pues se puede seguir sosteniendo que las teorías son conjuntos de enunciados, aun cuando no se pueda especificar exactamente cuáles son *todos* esos enunciados. Es más, se puede argüir con sentido que los enunciados que realmente "caracterizan" la teoría son los axiomas. Los axiomas constituyen el "núcleo" de la teoría"; lo demás se da como por añadidura. Lo que "realmente afirma" la teoría sobre el mundo viene dado por los axiomas. Para determinar una teoría basta indicar los axiomas y señalar vagamente qué *tipo* de condiciones iniciales tiene sentido subsumir bajo la teoría y dentro de qué *tipo* de marco de condiciones puede aplicarse la teoría.

La concepción lingüística, así entendida, contiene, a mi parecer, un núcleo importante de verdad, pero no "toda la verdad". Es aún en gran parte insatisfactoria precisamente por querer caracterizar las teorías *sólo* como conjuntos de enunciados.

Para ver en qué sentido es insatisfactoria esta concepción, vamos a considerar primero brevemente el ejemplo de una teoría empírica bien conocida, la *mecánica clásica de partículas* de NEWTON, y trataremos de sacar de este ejemplo una caracterización general de las dificultades con que choca la concepción lingüística.

Prescindiendo ya del problema de la clase de condiciones iniciales y de marcos de condiciones, la pregunta es: ¿Cuáles son los enunciados que definen "nuclearmente" la teoría?

Si alguien que presupone la concepción lingüística abre un libro de texto de mecánica por las primeras páginas, creerá encontrar en muchos casos una respuesta enteramente satisfactoria a la pregunta anterior. Así, por ejemplo, si toma un excelente manual de mecánica clásica que se estudia en los primeros cursos universitarios (2), podrá leer algo como sigue: "Isaac NEWTON fue el primero en dar una *formulación completa* de las leyes de la mecánica:

1. Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o de movimiento uni-

2. *Pragmáticamente*, H' es distinto de H, puesto que, por lo general, el científico será capaz de enunciar H, pero no H'. No obstante, la concepción lingüística de las teorías prescinde de consideraciones pragmáticas en sus enunciaciones.

3. En rigor, además de las condiciones iniciales en sentido propio, hay que añadir lo que se llama el *marco de condiciones* implícito en la formulación de la teoría (en inglés, *boundary conditions*, en alemán, *Rahmenbedingungen*), fuera del cual la aplicación de una ley general no tiene sentido.

forme y rectilíneo, a menos que se vea obligado a cambiar ese estado por fuerzas exteriores a él.

2. La razón del cambio de movimiento es proporcional a la fuerza aplicada y se produce según la recta a lo largo de la cual actúa la fuerza.
3. A cada acción se le opone siempre una reacción igual." (Cf. (2), p. 7; subrayado nuestro.)

El lector ingenuo exclamará: "¡Ajá! Prescindiendo del problema de las condiciones de aplicación, ya sé lo que es la mecánica clásica: los axiomas de NEWTON junto con sus consecuencias lógicas". Y verá confirmada su reacción por el propio NEWTON, quien puso a la cabeza de sus *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* sus tres "Axiomata sive leges motus", presentando esta base axiomática de modo muy similar, incluso estilísticamente, a los axiomas y postulados que EUCLIDES propuso para su teoría geométrica. Nuestro lector ingenuo verá en ello una estupenda confirmación de la concepción lingüística: la teoría mecánica de las partículas se identifica con tres enunciados, a saber, los tres axiomas de NEWTON. La teoría de NEWTON será verdadera en la medida exacta en que lo sean los axiomas. Si uno de ellos resulta falseado por una experiencia, habrá que abandonar la teoría entera (esto es consecuencia del *covering-law model*).

Sin embargo, si tiene la paciencia de seguir hojeando las páginas de los *Principia Mathematica* de NEWTON, empezará a entrar en confusión. A medida que se adentre en el libro, encontrará cada vez más leyes más o menos generales, "hipótesis", "lemas" y los famosos "Scholia" ("recetas" que daba NEWTON de modo asistemático para resolver problemas mecánicos particulares), cuya relación lógica con los "Axiomata" es poco menos que nula. Mayor confusión, si cabe le depararán manuales actuales avanzados. En el libro de GOLDSTEIN (3) utilizado en cursos universitarios superiores, el autor procede con mucho mayor cautela que NEWTON, y el lector no encontrará nada que se parezca remotamente a una construcción axiomática de la mecánica.

Claro que nuestro paciente lector podrá primero creer que esto es debido al tradicional desinterés que sienten los físicos por cualquier sistematización formal. Pensará que si se formalizara adecuadamente la teoría, se vería que todo se deduce de los axiomas. Pero no es necesario formalizar mucho para darse cuenta de que la ley de la gravitación universal, la ley de HOOKE o las leyes de la hidrodinámica, pongamos por caso, todas las cuales se consideran pertenecientes a la mecánica clásica, no se desprenden de los tres axiomas de NEWTON. ¿Cómo vamos a deducir de estos principios que la fuerza de atracción entre dos cuerpos es inversamente proporcional al cuadrado de las distancias? Con los tres axiomas es consistente tanto una proporcionalidad cuadrática como una cúbica, como otra cualquiera.

Bien, replicará el lector paciente, esto sólo significa que en el sistema axiomático de la mecánica hay que añadir todas esas leyes. Hay que postular como axiomas no sólo los tres de NEWTON, sino todas las demás leyes más o menos especiales que se consideran pertenecientes a la mecánica clásica. Esto se puede hacer, ciertamente, y de hecho se hace. Pero a partir de este momento surgen por lo menos tres dificultades muy enojosas para la concepción lingüística de las teorías. Primera, cualquier físico dirá que hay una diferencia manifiesta entre el segundo principio de NEWTON y la ley de la gravitación, o aún más las leyes del rozamiento, pongamos por caso. El físico dirá que el segundo principio es "mucho más general y abstracto", que es "un principio-guía" que "*permite* la formulación de las demás leyes". Se puede ir más allá y sostener incluso que es prácticamente inimaginable una experiencia que refutara el segundo principio. En realidad, en una construcción axiomática se puede demostrar que, eligiendo convenientemente la función-fuerza, se puede "forzar" cualquier sistema físico para que cumpla el segundo principio. ¿Pero cómo se expresa esta noción de "axioma más que general que sirve de principio-guía" en un sistema de enunciados (sin recurrir a expresiones metalingüísticas)? Un sistema axiomático es un sistema democrático. Todos los axiomas que lo componen son "considerados iguales".

Segunda dificultad. Supongamos que se admite que la mecánica clásica vendrá caracterizada unívocamente por *todos* los axiomas que se postulen en ella. Entonces, si queremos ser prudentes y exactos, deberemos admitir también que aún no sabemos qué es la mecánica clásica de partículas. Pues no es inverosímil suponer que dentro de unos años puedan postularse nuevas leyes especiales para sistemas clásicos de partículas, leyes no deducibles de las conocidas hasta ahora. Siendo muy optimistas e imprudentes, podríamos admitir que la mecánica clásica se completó hacia finales del siglo pasado. Desde luego no podríamos decir entonces que NEWTON fue el fundador de la mecánica clásica. Sin ir más lejos, la importante ley de COULOMB, que es una ley especial de la mecánica clásica de partículas, no fue formulada hasta 1785, cien años más tarde que los *Principia* de NEWTON. La situación es aún peor, si cabe, para las demás teorías físicas. Está claro que no podemos asegurar de ninguna axiomatización actual de una teoría empírica T que contenga *todos* los axiomas que en el futuro se considerarán intuitivamente como pertenecientes a T. El lógico puro puede replicar: aquí no hay ningún problema, lo que falla es la intuición, el modo de hablar de los físicos. En realidad, dirá, en la época de NEWTON se tenía una teoría T_1 sobre las partículas; a fines del siglo XVIII, una teoría T_2 tal que $T_1 \subset T_2$, y a fines del XIX, una teoría T_3 tal que $T_1 \subset T_2 \subset T_3$; la expresión "mecánica clásica de partículas" es sencillamente ambigua, pues con ella a veces se entiende T_1, a veces T_2, a veces T_3. Esta réplica es impecable formalmente. Pero no responde a las *condiciones de adecuación* que debemos establecer para una precisión adecuada y plausible del concepto de teoría física. No se trata de inventar un concepto formalmente impecable de teoría física que luego resulte inservible por anti-intuitivo, sino de precisar formalmente lo que se quiere significar realmente cuando se dice que NEWTON fundó la teoría T (la mecánica clásica de partículas) y que luego, a lo largo de más de dos siglos, se han ido encontrando "nuevas aplicaciones", como dicen los físicos, es decir, *nuevas leyes especiales* de *esa misma teoría* T. Y tal precisión formal es posible, como luego veremos, si bien a costa de rechazar en buena parte la concepción lingüística.

Tercera dificultad. Según la concepción que criticamos, una teoría formal se abandona cuando se deduce de ella alguna contradicción (interna); se piensa entonces que, correspondientemente, una teoría empírica se abandonará cuando o bien se deduzca de ella una contradicción interna, o bien una contradicción con la experiencia. Si admitimos la concepción lingüística, esto no puede ser de otra manera. Dado el conjunto de enunciados H (los axiomas), si de H se deduce una contradicción, se abandona H; si de $C \cup H$ se deduce un $r \in R$ tal que r está en contradicción con nuestras observaciones, también se abandona H. Ahora bien, Thomas Kuhn (4) ha mostrado en innumerables casos concretos que, históricamente, esto es precisamente lo que *no* ocurre. Los científicos predicen con sus teorías cosas que luego no se cumplen, y en vez de abandonar la teoría, olvidan los datos negativos y siguen aplicando la teoría; incluso hallan a veces contradicciones internas en sus teorías. Ello les causa ciertas molestias, pero en realidad no les preocupa mucho. Seguirán aplicando sus teorías "a trancas y barrancas", y sólo las abandonarán en casos muy especiales (las revoluciones científicas), cuando el barco hace agua por todas partes. Si uno se adhiere por una parte a la concepción lingüística de las teorías, y por otra admite que las descripciones de Kuhn son históricamente correctas, tendrá la impresión de que lo que Kuhn llama la "ciencia normal" es un quehacer de gente sumamente terca, irrazonable y hasta fanática; todo lo contrario de la imagen del investigador objetivo y desapasionado en busca de la verdad, imagen que se ha formado en nuestras mentes después de 300 años de éxitos científicos.

Vale la pena subrayar que esta impresión negativa acerca de la ciencia empírica que se saca de la lectura de Kuhn proviene (por lo menos en gran parte) de admitir como supuesto implícito o explícito que las teorías *no son más* que conjuntos de enunciados: está claro que si encontramos experiencias que refutan algunos de esos enunciados y, a pesar de ello, seguimos considerando que la teoría como conjunto es válida, seremos gente bastante insensata.[4] Podemos ciertamente llegar a la conclusión de que realmente la inmensa mayoría de los investigadores empíricos son gente irrazonable. Pero, a la inversa, también puede sospecharse que hay algo que falla en la concepción lingüística, y tratar de llegar a una nueva concepción de las teorías que arroje más luz sobre la aparente irracionalidad de la evolución científica.

Además de las tres expuestas, existen aún otras dificultades importantes con las que tropieza inevitablemente la concepción lingüística. El marco de este artículo no nos permite extendernos sobre ellas, pues son de naturaleza bastante compleja. Señalemos sólo brevemente el siguiente punto. Para la concepción lingüística de las teorías es esencial poder indicar exactamente cuáles son los modelos que satisfacen el sistema formal correspondiente a la teoría. Que esto debe ser así está bien claro para las teorías matemáticas, si éstas se consideran interpretadas. En las ciencias empíricas la situación es completamente distinta. No sólo no está claro nunca cuáles son exactamente los modelos empíricos a los que se aplica la teoría, sino que si a alguien alguna vez se le ocurriera tratar de aclararlo con exactitud total, conseguiría

4. Esta correlación negativa entre la concepción lingüística y los resultados de Kuhn ha sido puesta de relieve recientemente por el profesor Stegmüller, en diversas discusiones de carácter informal, aún no concretadas en una publicación.

una teoría que sería considerada por el resto de investigadores o bien como falsa o bien como ininteresante por trivial. En este sentido hay en las teorías empíricas un elemento de vaguedad que las hace fructíferas. Este hecho, en un lenguaje algo distinto, también ha sido descrito por KUHN.

Alguien podría decir, por ejemplo, que los modelos de la mecánica clásica de partículas son precisamente partículas físicas en movimiento. Ahora bien, en rigor, partículas en sentido estricto no las hay por ninguna parte. Un modelo bien conocido de la mecánica clásica de partículas es el sistema Tierra-Luna. Se consideran pues la Tierra y la Luna como "partículas". El sentido común consideraría esto como una barbaridad. El físico replicaría que no lo es; que es una idealización permisible gracias, entre otras cosas, al concepto de centro de masa. Pero no siempre tiene sentido hacer tales idealizaciones. El sentido común le podría decir al físico: si la Tierra es una partícula en tu teoría, no veo por qué no ha de serlo también un árbol; a ver cómo me describes el crecimiento de un árbol en tu teoría, pues es también el movimiento de una partícula. El físico respondería seguramente: no tiene sentido tratar de subsumir el crecimiento de un árbol bajo la mecánica clásica de partículas; no es un modelo de esta teoría.

Una jugada de billar es uno de los modelos más obvios de la mecánica clásica de partículas; una tirada de dados es uno de los casos más obvios de algo que *no* es un modelo al que se aplica esa teoría. Al revés del caso del árbol, en principio *tendría* sentido considerar el dado como una partícula en movimiento. Pero el físico *sabe* de antemano que este sistema no "cabe" en su teoría, no debe "interesarle". ¿Cómo se sabe cuáles son los modelos de la mecánica clásica de partículas? ¿Por qué el árbol en crecimiento y el dado no son modelos de esta teoría? ¿Cuáles son las parcelas de la realidad de las que tendría por lo menos sentido considerarlas como partículas, y dentro de este conjunto, cuál es el subconjunto de parcelas que *efectivamente* son modelos de la teoría?

No hay una respuesta unívoca a estas cuestiones. El físico respondería que para saber eso hay que "tener olfato". Esto es lo mismo que decir que no se puede caracterizar formalmente de modo unívoco y definitivo el conjunto de modelos de la teoría. Pueden darse, no obstante, ciertas precisiones más o menos formales, de las características de estos modelos y de sus relaciones con las teorías. Lamentamos no poder aquí entrar más en esta cuestión, que por lo demás está lejos de haberse resuelto.

En los últimos diez años se han levantado algunas voces más o menos confusas en contra de la idea de que las teorías empíricas son caracterizables sencillamente con una lista de axiomas; entre ellas, las de FEYERABEND y KUHN. Los análisis históricos concretos de KUHN no sólo han desarticulado algunos prejuicios simplistas y "vulgoprogresistas" en cuanto al desarrollo de las ciencias, sino que contienen en germen una alternativa a la concepción lingüística de las teorías. Los "paradigmas" de KUHN son, sin duda, mucho más que meros conjuntos de axiomas, aunque, por desgracia, no se sabe exactamente qué más, ni parece saberlo el propio KUHN a ciencia cierta.[5] Por

5. Cf. los intentos de precisión de KUHN en su *Postscript-1969*.

lo demás, a las propuestas metodológicas de KUHN y FEYERABEND (en la medida en que en estos autores se pueda hablar todavía de metodología), que están basadas en casos históricos concretos, siempre se puede oponer la objeción de que una cosa es *historia* de la ciencia y otra muy distinta *teoría* de la ciencia.

El primero en ofrecer una verdadera y tangible alternativa a la concepción lingüística de las teorías físicas ha sido el joven profesor norteamericano J. D. SNEED, en su formidable obra *The Logical Structure of Mathematical Physics* (5), después de diez años de arduas investigaciones. Por lo demás, digamos ya en este punto que la metateoría de SNEED no puede considerarse una refutación en sentido estricto de la concepción lingüística de las teorías, sino un análisis mucho más fino de la estructura de las teorías físicas que el que permitía dicha concepción. Después de estudiar la obra de SNEED, uno se da cuenta de que las teorías físicas son cosas de estructura mucho más compleja de lo que POPPER, CARNAP o HEMPEL han imaginado, y piensa que a fin de cuentas no podía ser de otro modo. Ello significa, no obstante, que la premisa necesaria para las investigaciones de SNEED eran ciertos resultados positivos de la concepción lingüística, en particular, los resultados de la axiomática. Sin las axiomatizaciones de algunas teorías físicas emprendidas por H. SIMON, P. SUPPES, y E. W. ADAMS, entre otros, SNEED no habría podido llegar a los resultados obtenidos. Por esto es injustificado en este campo el menosprecio de FEYERABEND por las axiomatizaciones de teorías empíricas.[6] La axiomatización no es una condición suficiente, pero sí *necesaria* para hacer metateoría de las teorías. Por otro lado, el análisis más fino de SNEED permite reinterpretar de un modo mucho más preciso ciertas tesis expuestas (con métodos casi exclusivamente literarios) por algunos autores recientes, sobre todo KUHN; entre ellas, la de que las teorías no suelen ser abandonadas aun cuando se encuentren hechos que las "refutan". Esto es debido a que las teorías tienen una estructura mucho más compleja que la de una simple lista de enunciados.

SNEED trata en su libro un gran número de cuestiones, algunas totalmente nuevas, y con una perspectiva muy distinta de la habitual en la filosofía de la ciencia actual, tanto la "formalista" como la "antiformalista". No podemos ni queremos adentrarnos aquí en la descripción de los resultados de SNEED. El objetivo del presente artículo era sólo describir las dificultades con que choca una concepción sostenida por muchos filósofos y que, por lo demás, hasta ahora era la única concepción básica bien articulada de que se disponía para emprender el análisis de las teorías científicas. Y con tal descripción pretendíamos hacer ver en qué sentido es crucial la obra de SNEED para la filosofía de la ciencia, en qué sentido representa un punto de inflexión. Los fallos de la concepción lingüística apenas si están insinuados en algunos pasajes aislados del libro de SNEED. De ahí que una primera lectura del mismo haga difícil una apreciación cabal del papel renovador de las ideas expuestas.

Para finalizar, y con carácter totalmente superficial e impreciso, vamos a dar unas breves indicaciones de la concepción sneediana de las teorías. En

6. Cf., por ejemplo, nota 82, pp. 67-68 de (6).

primer lugar (y ésta es ya una diferencia importante), el aparato conceptual que SNEED cree necesario emplear para revelar la estructura de las teorías no es el cálculo de predicados de primer orden, con el que casi invariablemente han trabajado hasta ahora los metateóricos empíricos, sino la teoría de modelos. Pues, para decirlo brevemente, una teoría es, según SNEED, un conjunto de conjuntos de modelos de variada naturaleza y lo que da contenido a la teoría son ciertas relaciones metateóricas entre esos conjuntos de modelos.

Las dos componentes principales de una teoría son, por una parte, un tuplo de conjuntos de modelos que representa la estructura matemática básica utilizada por la teoría, a la que llamaremos H, y un conjunto de modelos, el "campo de aplicaciones empíricas", A. Una teoría es, en primera aproximación, un par ordenado $T = (H, A)$. A es el conjunto de lo que antes, al tratar la mecánica clásica de partículas, hemos llamado modelos "efectivos" de la teoría, aquellos sobre los que la teoría se aplica efectivamente. En el ejemplo discutido serán partículas-instantes "interesantes" con sus posiciones *efectivamente posibles*. Por las razones ya indicadas, está claro que el conjunto de modelos nunca podrá describirse completamente en un lenguaje formalizado, ni interesa hacerlo. Es una entidad, si se quiere, platónica, hasta cierto punto "inefable". Pueden enunciarse ciertas condiciones necesarias para pertenecer a A y algunas otras suficientes, pero no puede darse una lista de condiciones necesarias y suficientes a la vez que determinen A. Ésta es la componente más vaga (aunque no la única) de una teoría, aquella en la que más interviene el "olfato" del investigador (apoyado en ciertas consideraciones formales explicitables).

Para "explicar" A es por lo que el científico se inventa la estructura formal H, lo que SNEED llama el "núcleo" de la teoría. En el caso más simple y primitivo (el único que podemos considerar aquí), está constituido por dos conjuntos de modelos N, N', en que $N' \subset N$. Son modelos constituidos por diversas funciones (más sus correspondientes dominios de individuos), por ejemplo las funciones "posición", "masa" y "fuerza" en la mecánica clásica. En N "se dice" qué características tienen esas funciones, por ejemplo qué valores pueden tomar (para la masa: números reales positivos). En N' se especifica, además, una o más leyes básicas que relacionan los valores de las funciones. En el caso de la mecánica clásica de partículas, sería el segundo principio de NEWTON. Está claro que los modelos contenidos en N' serán sólo una parte de los contenidos en N. Para determinar N y N' hay que *axiomatizar*, hay que dar una lista de axiomas que han de satisfacer los modelos. Éste es *uno* de los sentidos (no el único) en que la concepción lingüística no iba del todo errada. Pero era insuficiente, porque aparte de que A nunca se puede agotar mediante una descripción lingüística, en las teorías físicas "reales" intervendrán en el núcleo H otras entidades modelo-teóricas no caracterizables axiomáticamente.

La relación entre H y A es (dicho aquí de manera forzosamente imprecisa) la siguiente: la teoría sólo quedará refutada cuando un modelo empírico del que estemos *seguros* que pertenece a A no pueda considerarse como también perteneciente a N'.

En las torías físicas reales ocurrirá además otra cosa. El físico no queda satisfecho con el núcleo para explicar A pues, en general, la ley en N' será demasiado amplia (caso del segundo principio de NEWTON). Tratará de "ampliar el núcleo" según expresión, no del todo afortunada, del propio SNEED. Es decir, buscará leyes "más especiales" en las que se añaden restricciones a los valores que pueden tomar las funciones de N'. Los modelos de estas leyes serán evidentemente en menor número que los pertenecientes a N'. Para que tenga sentido postular estas leyes, sus modelos deberán ser por lo menos parte de los modelos en A; de lo contrario la ley sería inútil.

Ahora puede comprenderse algo mejor por qué cuesta tanto refutar teorías, incluso ante la presencia de datos "recalcitrantes", como dice KUHN. En efecto, supongamos que hemos empleado no sólo H, sino además las leyes $L_1, \ldots, L_n$ para explicar un dato empírico d que consideramos perteneciente a A. Y supongamos que hemos fracasado en nuestro intento. Tenemos, según la nueva concepción, por lo menos dos salidas estupendas a esta situación, que un popperiano consideraría fatal para la teoría: si no estamos absolutamente seguros de que $d \in A$ (y en muchos casos no lo estaremos, dado que no disponemos de una descripción lingüística completa de A), podemos decidir que d no era, a fin de cuentas, un modelo del campo de aplicación efectiva de la teoría, que nuestro olfato se había equivocado por esta vez.[7] Si, en cambio, estamos seguros de que $d \in A$, podemos pensar que alguna de las n L_i no funciona del todo bien, y podemos tratar de revisarla. Sin embargo, la estructura básica de la teoría H y su campo de aplicación A permanecen intactos. Podemos decir que seguimos disponiendo de *la misma teoría* $T = (H, A)$, *aunque hemos modificado alguna de las leyes especiales.* Y esto es lo que realmente acostumbra decir el físico en una situación semejante.

El libro de SNEED abre nuevas perspectivas en la filosofía de la ciencia. No es una obra conclusa. En realidad, a pesar de su volumen y densidad, es sólo un esbozo de nuevos métodos metateóricos. SNEED pone a prueba su concepción "sólo" en unas cuantas teorías físicas: la mecánica clásica de partículas, la formulación lagrangiana de la mecánica, la formulación hamiltoniana y la mecánica del sólido rígido. Y aun de una manera detallada solamente en la primera teoría, si bien ésta es una de las más centrales y acabadas de la física. Falta por ver hasta qué punto otras teorías caben en los mismos esquemas. Por otro lado, los puntos oscuros, las formulaciones defectuosas, los errores de detalle son numerosos en los análisis de SNEED. Incluso puntos bastante centrales de la metateoría de SNEED están necesitados, sin duda, de revisión radical. Pero, a pesar de todo ello, por mi parte creo que su concepción es, en líneas generales, correcta, y mucho más fructífera que los análisis metateóricos empíricos que hasta ahora se habían llevado a cabo.

Munich, marzo de 1973

7. O también, que las medidas que se expresan en el enunciado d eran erróneas, y que hay que volver a medir, o sea, enunciar un d' más complaciente con nuestras expectativas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Braithwaite, R. B.: *La explicación científica* (Cambridge, 1959). Versión española de Víctor Sánchez de Zavala (Madrid, 1965).
2. Symon, Keith R.: *Mechanics* (Massachussets, 1963).
3. Goldstein, Herbert: *Mecánica clásica.* Versión española de C. Enríquez (Madrid, 1966).
4. Kuhn, Thomas: *The Structure of Scientific Revolutions,* 2.ª edición, ampliada (Chicago, 1970.
5. Sneed, Joseph D.: *The Logical Structure of Mathematical Physics* (Dordrecht, Holanda, 1971).
6. Feyerabend, P. K.: *Explanation, Reduction and Empiricism.* En Feigl, H. & Maxwell, G.: *Minnesota Studies in the Philosophy of Science,* t. III (Minnesota, 1962).