

# EL CAMBIO DE TEORIA COMO CAMBIO DE ESTRUCTURA: COMENTARIOS SOBRE EL FORMALISMO DE SNEED

*Thomas S. Kuhn*

Universidad de Princeton  
Institute for Advanced Study

## *1. Introducción.*

Hace ahora algo más de año y medio\* que el Profesor Stegmüller amablemente me envió un ejemplar de su *Theorie und Erfahrung* (Teoría y experiencia), llamándome así la atención por vez primera sobre el formalismo del Dr. Sneed y su probable relevancia para mis propios trabajos. En aquella época la teoría de conjuntos constituía para mí un lenguaje desconocido y lejano, pero rápidamente me persuadí de que debería sacar de algún sitio el tiempo necesario para aprenderlo. Pero tampoco ahora puedo presumir de un éxito completo; voy aquí a referirme algunas veces a la teoría de conjuntos, pero no intentaré hablar su lenguaje. Sin embargo he aprendido lo suficiente para aceptar con entusiasmo las dos conclusiones más importantes del libro de Stegmüller. En primer lugar, el nuevo formalismo hace que nuevos e importantes territorios sean accesibles a la filosofía analítica de la ciencia, a pesar de encontrarse en un estadio temprano de su desarrollo. En segundo lugar, aunque trazados con una pluma que apenas si puedo esgrimir, los planos preliminares de los nuevos territorios muestran un notable parecido con un mapa que ya había esbozado anteriormente, basándome en algunos relatos de viaje de inquietos historiadores de la ciencia.

La semejanza se pone de manifiesto en el último capítulo del libro de Sneed (Sneed, 1971, especialmente págs. 288–307);

\* Este ensayo constituyó la ponencia del autor en un simposio sobre el cambio de teoría que tuvo lugar entre el 27 de Agosto y el 2 de Septiembre de 1975 en Ontario (Canadá). (T.).

su formulación detallada se debe a Stegmüller. El parecido que ambos ven es auténtico, como queda suficientemente demostrado por el hecho de que Stegmüller, abordando mis trabajos a partir del de Sneed, los ha entendido mejor que cualquier otro filósofo que se haya detenido en su análisis. Lo conseguido en este terreno me anima en gran medida. Sean cuales fueren sus limitaciones (y creo que son importantes), la representación formal proporciona en principio una técnica para explorar y clarificar ideas. Pero los formalismos tradicionales, sean conjuntistas o proposicionales, no han entrado en contacto con las mías. El formalismo del Dr. Sneed consigue hacerlo, y además en algunos puntos especialmente estratégicos. Aunque ni él, ni Stegmüller ni yo suponemos que pueda resolver todos los problemas principales de la filosofía de la ciencia, los tres lo consideramos como una herramienta importante, merecedora de los esfuerzos que se hagan por perfeccionarla.

Es poco probable que mi evaluación del nuevo formalismo esté libre de prejuicios, debido precisamente a que arroja luz sobre algunas de mis herejías características. Pero no me detendré aquí únicamente en lamentar lo inevitable. En lugar de ello voy a abordar mi tema propiamente dicho, empezando con un breve esbozo de algunos aspectos del nuevo formalismo que me parecen particularmente atractivos. Partiendo de ellos exploraré a continuación dos aspectos de la posición Sneed-Stegmüller que me parecen notablemente incompletos en su forma presente. Finalmente examinaré una dificultad central que no será soluble dentro del formalismo y que presumiblemente necesitará recurrir a la filosofía del lenguaje. Pero antes de desarrollar este programa quisiera evitar malentendidos señalando una cuestión sobre la que el presente ensayo no hace afirmación alguna. Lo que me ha interesado del formalismo de Sneed son los temas cuyo análisis preciso hace posible, no el aparato técnico concreto que se desarrolla para tal propósito. Carezco de base para opinar sobre la cuestión de si esos temas exigen la utilización de la teoría de conjuntos y la teoría de modelos. Mejor dicho, tengo fundamento para sostener una sola opinión: los que piensen que la teoría de conjuntos no constituye una herramienta apropiada para el análisis de la estructura lógica de las teorías científicas, han de responder ahora al desafío, produciendo resultados parecidos por otros medios.

## 2. Estimación del formalismo.

Lo que me ha llamado desde el principio la atención en el formalismo de Sneed es que incluso su forma estructural elemental es capaz de captar características significativas de la teoría y la práctica científicas que brillan notablemente por su ausencia en los formalismos anteriores que me son conocidos. Es posible que esto no sea algo sorprendente en vista de que Sneed ha prestado repetidas veces atención, al preparar su libro, al modo en que se les presentan a los estudiantes de ciencias las teorías, y cómo estos las utilizan luego (por ejemplo, Sneed, 1971, págs. 3—4, 28, 33, 110—114). Un resultado de este modo de proceder es la eliminación de los puntos artificiosos que han llevado en el pasado a que tanto los científicos como los historiadores de la ciencia consideraran irrelevantes los formalismos filosóficos. El único físico con el que hasta la fecha he comentado las ideas de Sneed las ha encontrado fascinantes. Y como historiador mencionaré yo mismo más adelante un aspecto sobre el que el formalismo ha comenzado ya a influenciar mi trabajo. Aunque es prematuro hacer conjeturas sobre el futuro, arriesgaré una: Si pueden hallarse modos más sencillos y llanos de representar lo esencial de la posición de Sneed, los filósofos, los científicos y los historiadores de la ciencia podrán muy bien hallar, por vez primera en varios años, vías fructíferas para la comunicación interdisciplinar.

Para hacer más concreta esta afirmación fijémonos en los tres tipos de modelos que se necesitan en la formulación de Sneed. El segundo tipo, sus modelos parciales potenciales o elementos de  $M_{pp}$ , son (o abarcan) las entidades a las que podría aplicarse una teoría dada en virtud de su descripción utilizando el vocabulario no teórico de la teoría. El tercero, sus modelos o elementos de  $M$  se obtienen a partir del subconjunto de los  $M_{pp}$  que realmente cumplen las leyes de la teoría, después de haber experimentado las extensiones teóricas apropiadas. Ambos tipos tienen sus paralelos obvios en los análisis formales tradicionales. Pero esto no ocurre con los modelos parciales de Sneed, los elementos de su  $M_p$ . Estos constituyen el conjunto de modelos que se obtienen al añadir funciones teóricas a todos los elementos apropiados de  $M_{pp}$ , a los que de este modo se complementa o extiende con anterioridad a la aplicación de las leyes fundamentales de la teoría. Debido en parte a que les asigna un lugar central en la reconstrucción de la teoría, Sneed aña-

de una notable verosimilitud a las estructuras que resultan.

A falta de tiempo para una extensa argumentación me contentaré aquí con tres afirmaciones. En primer lugar, una gran parte de la educación científica, al menos en la física, consiste en enseñar a un estudiante a hacer la transición de los modelos parciales potenciales a los modelos parciales. Para eso precisamente están los laboratorios y los problemas que hay al final de los capítulos en los libros de texto. El estudiante que típicamente puede resolver los problemas que se formulan mediante ecuaciones, pero que es incapaz de enunciar las ecuaciones para los problemas que se le presentan en el laboratorio o que se hayan formulado con palabras, no ha empezado todavía a adquirir ese talento esencial. En segundo lugar, y casi como corolario de lo anterior, la imaginación creadora que se necesita para hallar un elemento de  $M_P$  que corresponda a un elemento de  $M_{PP}$  poco típico (por ejemplo, una membrana o una cuerda en vibración, antes de que ambas cosas constituyeran aplicaciones normales de la mecánica newtoniana) es uno de los criterios por los que a veces se puede distinguir a los grandes científicos de los científicos mediocres.<sup>1</sup> En tercer lugar, el no prestar atención al modo en que se realiza esta tarea ha oscurecido durante años el problema que presenta el significado de los términos teóricos.

Excepto en el caso de las teorías completamente matematizadas, ni Stegmüller ni Sneed tienen mucho que decir sobre el modo en que se extiende de hecho a los  $M_{PP}$  para obtener los correspondientes  $M_P$ . Pero la idea que Sneed desarrolla de un modo preciso para el caso especial se parece sorprendentemente a la que yo había articulado vagamente para el caso general, y las dos pueden de ahora en adelante entrar en contacto fructífero; posteriormente volveré sobre este punto. En ambos casos el proceso de extensión depende del supuesto de que la teoría se haya usado previamente en una o más aplicaciones, y de que se hayan utilizado esas aplicaciones como guías en la especificación de las funciones o conceptos

<sup>1</sup> La ausencia en las reconstrucciones tradicionales de un paso parecido al que hay entre un elemento de  $M_{PP}$  y un elemento de  $M_P$  puede contribuir a explicar mi fracaso al intentar persuadir a los filósofos de que la ciencia normal podría ser todo menos una empresa totalmente rutinaria.

teóricos al transformar un nuevo  $M_{pp}$  en un  $M_p$ .<sup>2</sup> Para teorías completamente matematizadas, esa guía la proporcionan lo que Sneed llama condiciones de ligadura, que son restricciones similares a las leyes, y que limitan la estructura de pares de conjuntos o de modelos parciales, en lugar de limitar la estructura de cada uno de los conjuntos o modelos parciales. (Por ejemplo, los valores que se les supone a las funciones teóricas en una aplicación determinada deben ser compatibles con los que se les supone en otras.) La idea de ligadura, junto con la idea relacionada de aplicación, constituye lo que creo que es la innovación conceptual central del formalismo de Sneed; de ella se sigue otra especialmente notable. Para él, como para mí, la especificación adecuada de una teoría debe incluir la especificación de algún conjunto de aplicaciones ejemplares. La subsección del libro de Stegmüller: "Was ist ein Paradigma?" ("¿Qué es un paradigma?") constituye un espléndido desarrollo de este punto (Stegmüller, 1973, pp. 195–207).

Hasta aquí hemos mencionado aspectos del formalismo de Sneed que se ajustan especialmente bien a las ideas que he desarrollado en otros lugares. En breve volveré sobre otros del mismo tipo. Pero no estoy seguro de que el asociar mucho nuestras ideas le resulte favorable, y existen otras razones para tomar las suyas en serio. Mencionaré unas cuantas, relacionadas íntimamente, antes de volver a mi tema principal.

A grandes rasgos, Sneed representa una teoría como un conjunto de aplicaciones distintas. En el caso de la mecánica clásica de partículas, las aplicaciones podrían ser los problemas del movimiento de los planetas, de los péndulos, de la caída libre, de las palancas y de las balanzas, etc. (¿Necesitaré insistir en que aprender una teoría es aprender aplicaciones sucesivas en un orden adecuado, y que

<sup>2</sup> Sneed y Stegmüller estudian tan sólo teorías de la física matemática (un modo mejor de describir su tema sería decir que estudian las partes matemáticas de teorías de la física matemática). Por consiguiente se refieren únicamente al papel que desempeñan las condiciones de ligadura en la especificación de las *funciones* teóricas, Yo añado "o conceptos teóricos" anticipándome a la necesaria ampliación del formalismo de Sneed. Más adelante se verá que el propio Sneed cree que son las estructuras matemáticas que incluyen condiciones de ligadura las que especifican los conceptos, al menos parcialmente.

usarla es diseñar aplicaciones nuevas?) Considerada individualmente, cada aplicación podría ser reconstruida mediante un sistema axiomático estándar en un cálculo de predicados (planteándose así el problema de los términos teóricos). Pero cada sistema de axiomas sería entonces algo distinto a los demás. (Véase Kuhn, 1970, pág. 187–191.) Lo que en la concepción de Sneed hace posible su unidad y hace que un conjunto suficientemente amplio de sistemas determine una teoría es en parte la ley o leyes básicas que todos ellos comparten (por ejemplo, la segunda ley del movimiento de Newton) y en parte el conjunto de condiciones de ligadura que asocian a las aplicaciones en pares o, al menos, en cadenas conexas.

Con una estructura conjuntista tal cada una de las aplicaciones juega un papel doble, papel que nos es conocido al nivel pre-teórico por las discusiones en torno a las sentencias reductivas. Tomadas aisladamente, cada una de las aplicaciones, lo mismo que las sentencias reductivas aisladas, es vacía, bien porque sus términos teóricos no son interpretables, bien porque la interpretación de la que son susceptibles es circular. Pero cuando las aplicaciones están unidas unas a otras mediante condiciones de ligadura, al igual que las sentencias reductivas lo están por la repetida aparición de un término teórico, resultan ser capaces de especificar simultáneamente, por una parte, el modo en que deben ser aplicados los conceptos teóricos, y, por la otra, un cierto contenido empírico de la teoría misma. Las condiciones de ligadura, introducidas como las sentencias reductivas para resolver el problema de los términos teóricos, resultan —al igual nuevamente que las sentencias reductivas— ser un vehículo para la expresión del contenido empírico.<sup>3</sup>

De esto se siguen numerosas consecuencias interesantes, de las que aludiré a tres. Desde el descubrimiento de que los términos teóricos no podían ser eliminados mediante definiciones estrictas, el problema ha consistido en distinguir los elementos convencionales de los empíricos en el proceso mediante el cual se les introduce.

<sup>3</sup> Un tercer ejemplo de este proceso (esta vez al nivel de términos de observación), que introduce el lenguaje y el contenido empírico de una forma mezclada de un modo inextricable, se esboza en las últimas páginas de mi (1974). Su aparición en cada uno de los tres niveles tradicionales (términos de observación, términos teóricos y teorías completas) me parece que puede ser importante.

El formalismo de Sneed clarifica el problema añadiéndole estructura. Si una teoría, como por ejemplo la mecánica newtoniana, tuviera una aplicación única (por ejemplo, la determinación de las proporciones entre las masas de dos cuerpos unidos por un muelle), entonces la especificación de las funciones teóricas que la teoría proporciona constituiría un círculo vicioso, y, en correspondencia, la aplicación sería vacía. Pero desde el punto de vista de Sneed una aplicación aislada no constituye todavía una teoría, y cuando se conectan varias aplicaciones la potencial circularidad deja de ser viciosa porque las condiciones de ligadura la distribuyen por todo el conjunto de aplicaciones. Como resultado de esto, ciertos problemas a veces fastidiosos cambian de forma o desaparecen del todo. En el formalismo de Sneed no existe la tentación de hacer la pregunta —artificial para los físicos— de si la masa o, alternativamente, la fuerza debería ser tratada como un concepto primitivo en términos del cual deberían ser definidos los demás. Los dos conceptos son para Sneed teóricos y se encuentran en el mismo plano en muchos aspectos, porque ninguno de ellos puede aprenderse, y a ninguno de ellos dársele significado, si no es en la teoría, después de presuponer algunas aplicaciones de la misma. Finalmente, y ésta es quizás una cuestión de mayor importancia a la larga, tenemos la nueva forma que toman las sentencias de Ramsey en el formalismo del Dr. Sneed. Hay cosas nuevas e importantes que decir sobre la función y la eliminabilidad de los términos teóricos, debido precisamente a que tanto las condiciones de ligadura como las leyes inciden en las consecuencias empíricas. (Sobre estos temas véase: Sneed, 1971, págs. 31-37, 48-51, 65-86, 117-138, 150-151; Stegmüller, 1973, págs.45-103.)

Estos y otros aspectos del formalismo de Sneed merecen que se les preste mayor atención, y presumiblemente la recibirán, pero para mí su importancia la sobrepasa otro aspecto, aspecto con el que concluiré esta sección de mi ensayo. En una medida mucho mayor, y también mucho más naturalmente que en cualquier modo anterior de formalización, el de Sneed se presta a la reconstrucción de la dinámica de las teorías, es decir, el proceso por el cual las teorías cambian y crecen. Por supuesto es para mí particularmente interesante el que el modo en que esto se concreta parece exigir la existencia de dos tipos totalmente distintos como mínimo de alteración en el curso del tiempo. En el primero lo que Sneed llama nú-

cleo estructural permanece fijo, así como por lo menos algunas de las aplicaciones ejemplares. El progreso tiene entonces lugar bien por el descubrimiento de nuevas aplicaciones a las que se puede identificar extensionalmente como elementos del conjunto de las aplicaciones propuestas,  $I$ , o bien mediante la construcción de una nueva red estructural para la teoría (en la terminología anterior de Sneed: un nuevo conjunto de expansiones del núcleo estructural) que especifique de un modo más preciso las condiciones para ser elemento de  $I$ .<sup>4</sup> Tanto Stegmüller como Sneed insisten (Sneed, 1971, págs. 284–288; Stegmüller, 1973, págs. 219–231) en que los cambios de este tipo se corresponden en buena medida con la parte teórica de lo que en otro lugar he llamado ciencia normal, y yo acepto completamente su identificación. Puesto que por su propia naturaleza un núcleo estructural es virtualmente inmune a la refutación directa, Sneed sugiere también —y Stegmüller desarrolla la idea— que al menos algunos casos de cambio del núcleo estructural correspondan a lo que he llamado revoluciones científicas. (Sneed, 1971, págs. 296–306; Stegmüller, 1973, págs. 231–247.)

Buena parte del resto de este ensayo se consagra a la localización de los problemas que surgen con esta segunda identificación. Aunque el formalismo de Sneed no se opone a la existencia de las revoluciones, no hace casi nada —tal como se encuentra en la actualidad— por clarificar la naturaleza del cambio revolucionario. Sin embargo no veo ninguna razón para que no se pueda conseguir que lo haga, y voy a tratar aquí de contribuir a ese fin. Además hay que decir que, incluso faltando lo anterior, tanto mis trabajos históricos como los de carácter más filosófico reciben nueva luz cuando se intenta ver las revoluciones como cambios de núcleo estructural. En particular creo que buena parte de mis investigaciones todavía inéditas, sobre la génesis de la teoría cuántica y su transformación durante los años 1925–26, pone de manifiesto cambios que pueden representarse muy bien como yuxtaposiciones de elementos sacados de un núcleo estructural tradicional con otros extraídos de una

<sup>4</sup> Stegmüller, que rechaza lo que él llama 'platonismo de Sneed', formularía esto de modo diferente, y de algún modo me siento más a gusto con su enfoque. Pero la introducción del mismo aquí requeriría un aparato simbólico adicional que es irrelevante para los fines principales de este ensayo.

de sus expansiones recientes.<sup>5</sup> Este modo de considerar las revoluciones me parece especialmente prometedor, porque posiblemente me permita por primera vez decir algo que merezca la pena sobre lo que permanece a través de ellas.<sup>6</sup> Sin embargo, aún hay que trabajar este tema. Empezaré a sugerir ahora en qué puede consistir parte de este trabajo.

### 3. Dos problemas de demarcación.

Ya he sugerido que la novedad más importante del enfoque de Sneed estriba probablemente en su concepto de condiciones de ligadura. Permítaseme decir ahora que podría ser útil conceder a éstas una posición aún más fundamental que la que él les atribuye. Sneed comienza por seleccionar una teoría, como por ejemplo la mecánica clásica de partículas, e insiste en que han de presuponerse para ella criterios estrictos de identidad (Sneed, 1971, pág. 35; Stegmüller, 1973, pág. 50). Al examinar la teoría distingue a continuación entre las funciones no teóricas y las teóricas que se contienen

<sup>5</sup> Podría, por ejemplo, parafrasear el tema central de mi próximo libro sobre la historia del problema del cuerpo negro del modo siguiente. Desde 1900 hasta la publicación de su *Warmestrahlung* (Radiación calorífica) en 1906, e incluyendo esta obra, las ecuaciones básicas de la mecánica y de la teoría electromagnética formaban parte del núcleo estructural de la teoría del cuerpo negro de Planck; la ecuación para el elemento de energía  $\epsilon = h\nu$ , era parte de su expansión. Sin embargo, en 1908 la ecuación que definía el elemento de energía se convirtió en parte de un nuevo núcleo estructural y ciertas ecuaciones seleccionadas *ad hoc* de la mecánica y la teoría electromagnética formaban parte de su expansión. Aunque había una notable coincidencia entre las ecuaciones que se incluían en los dos núcleos *expansionados* (y, por lo tanto, buena parte de continuidad), las estructuras de las teorías que los dos núcleos estructurales determinaban eran radicalmente distintas.

<sup>6</sup> Stegmüller sugiere que mi incapacidad para resolver un buen número de problemas que presenta mi posición se debe a haber aceptado yo la concepción tradicional de que una teoría es un conjunto de enunciados (Stegmüller, 1973, págs. 14, 182). Expresaré más adelante algunas reservas sobre alguno de los ejemplos que da para ilustrar su sugerencia, pero la misma es pertinente por completo en el problema de la continuidad. El darse cuenta de que una ecuación o enunciado esencial para el éxito de una teoría en una aplicación dada no es necesariamente algo que determine la estructura de esa teoría hace posible decir muchas más cosas sobre el modo en que pueden construirse nuevas teorías a partir de elementos generados por predecesoras incompatibles con ellas.

en la misma, siendo las últimas las funciones que no se pueden identificar, en *ninguna* de las aplicaciones de la teoría, sin recurrir a sus leyes fundamentales. Finalmente, en un tercer paso, se introducen las condiciones de ligadura para permitir la especificación de las funciones teóricas. Este tercer paso me parece correcto. Pero tengo menos confianza sobre los dos que presupone, y por consiguiente me pregunto sobre la posibilidad de invertir el orden de la introducción. Es decir, ¿no se podrían introducir las aplicaciones y las condiciones de ligadura como nociones primitivas, dejando que la investigación ulterior revelara la medida en que de ellas se seguirían criterios para la identidad de teorías y para la distinción teórico/no-teórico?

Considérense, por ejemplo, las formulaciones clásicas de la mecánica y de la teoría electromagnética. La mayoría de las aplicaciones de cualquiera de estas teorías podrían hacerse sin recurrir a la otra, razón que es suficiente para describirlas como dos teorías distintas en vez de una. Pero nunca han sido las dos absolutamente distintas. Las dos participaban juntas, ligándose o limitándose así la una a la otra, en aplicaciones como la mecánica del éter, las aberraciones estelares, la teoría electrónica de los metales, los rayos-X, o el efecto fotoeléctrico. Además, en tales aplicaciones no se concibió —por lo común— ninguna de las dos teorías como mera herramienta auxiliar mientras se manipulaba de un modo creativo la otra, sino que las dos se desarrollaron juntas, casi como si constituyesen una teoría única, de la cual la mayoría de las demás aplicaciones fuesen aplicaciones puramente mecánicas o aplicaciones puramente electromagnéticas.<sup>7</sup>

Pienso que no se pierde nada importante si admitimos que lo que ordinariamente consideramos como dos teorías distintas se superponen en algunas aplicaciones importantes. Pero esta opinión depende de que yo esté dispuesto a renunciar simultáneamente a cualquier criterio para distinguir las funciones y los conceptos teóricos de los no-teóricos que sea tan estricto como el de Sneed. Lo que todo ello involucra puede ilustrarse estudiando su análisis de

<sup>7</sup>Otro sentido en que una teoría limita a otra lo indica la concepción tradicional según la cual la compatibilidad de una nueva teoría con otras que son aceptadas en el momento en cuestión es uno de los criterios legítimos para su evaluación.

la mecánica clásica de partículas. A las funciones de masa y de fuerza se las considera como teóricas porque sólo pueden ser aprendidas cuando se presuponen algunas aplicaciones de esa teoría, y se las distingue así de las variables espacio y tiempo, que se adquieren independientemente de ella. Hay algo en este resultado que me parece profundamente correcto, pero me preocupa que la argumentación dependa esencialmente de que no veamos problemas en concebir a la estática —la ciencia de los equilibrios mecánicos— como parte de la teoría de carácter más general que trata de la materia en movimiento. Los libros de texto sobre mecánica superior prestan plausibilidad a esa identificación de la teoría, pero tanto la historia como la pedagogía elemental sugieren la alternativa de que la estática podría ser considerada como una teoría separada, la asimilación de la cual es un prerrequisito para la asimilación de la dinámica, del mismo modo que asimilar la geometría constituye un prerrequisito para asimilar la estática. Sin embargo, si se dividiera así a la mecánica entonces la función fuerza sería teórica únicamente con respecto a la estática, a partir de la que entraría en la dinámica con la ayuda de condiciones de ligadura. La segunda ley de Newton se necesitaría únicamente para permitir la especificación de la masa, no de la fuerza.<sup>8</sup>

Lo que trato de decir no es que este modo de subdividir la mecánica sea el correcto y el de Sneed esté equivocado. Lo que estoy sugiriendo es que lo clarificador de su argumentación puede

<sup>8</sup> Desde luego, el hecho de que pueda utilizarse una balanza para medir la masa (inercial) puede únicamente justificarse recurriendo a la teoría newtoniana. Presumiblemente esto es lo que Sneed quiere decir cuando argumenta (1971, pág. 117) que la masa debe ser una función teórica porque puede usarse la teoría newtoniana para determinar si el diseño de una balanza dada es apropiado para la determinación de la misma. Este criterio (evaluación de un instrumento de medida por medio de una teoría) es, en mi opinión, relevante para juzgar si una función es teórica, pero ilustra de paso los problemas que se originan si lo convertimos en decisivo y único. La mecánica newtoniana fue, de hecho, utilizada para juzgar sobre la adecuación de los instrumentos para medir el tiempo, y el resultado último fue el reconocimiento de normas más precisas que las proporcionadas por la rotación de las estrellas durante el día. No estoy sugiriendo que los argumentos de Sneed para considerar al tiempo como una magnitud no-teórica carezcan de fuerza. Por el contrario, como he indicado ya, tanto ellos como sus resultados están completamente de acuerdo con mis intuiciones. Pero pienso que los esfuerzos por conservar una distinción clara entre los términos teóricos y los no-teóricos

muy bien ser independiente de la elección entre los dos modos. Mis intuiciones relativas a qué es lo que es teórico quedarían satisfechas por la sugerencia de que una función o concepto es teórico con respecto a una aplicación dada si para introducirlo en ella se requieren condiciones de ligadura. El hecho de que una función como la función fuerza pueda parecer que es teórica también relativamente a toda una teoría se explicaría entonces por el modo en que se la introduce en la *mayoría* de las aplicaciones de esa teoría. Una función o un concepto determinado podría entonces ser teórico en algunas aplicaciones de una teoría, y no-teórico en otras, resultado que no me parece pueda originar especiales problemas. Lo que ese resultado puede parecer que está amenazando ya se abandonó de hecho hace tiempo al abandonar la esperanza de un lenguaje de observación neutro.

Hasta ahora he estado sugiriendo que buena parte de lo más valioso del enfoque de Sneed puede conservarse sin resolver un problema de demarcación, planteado por el modo en que él introduce su formalismo actualmente. Pero otros usos importantes del formalismo presuponen distinciones de un tipo diferente, y los criterios relevantes para efectuar las mismas parecen estar necesitados de muchas especificaciones adicionales. Al analizar el desarrollo de una teoría a lo largo del tiempo, tanto Sneed como Stegmüller se refieren repetidas veces a la diferencia entre el núcleo estructural de la teoría y un núcleo expandido de la misma. El primero proporciona la estructura matemática básica de la teoría —la segunda ley de Newton en el caso de la mecánica clásica de partículas—, junto con las condiciones de ligadura que gobiernan todas las aplicaciones de la teoría. Un núcleo expandido contiene, además, algunas le-

son hoy en día un aspecto del modo tradicional de análisis que pueden dejarse de lado.

Mis reservas sobre la total aceptación de la distinción teórico/no-teórico de Sneed deben mucho a una conversación con mi colega C.G. Hempel. Sin embargo fueron estimuladas inicialmente por las repetidas indicaciones de Stegmüller (1973, págs. 60, 231–243) relativas a que la distinción requería la construcción de una jerarquía de teorías en sentido estricto. Los términos y las funciones que se determinaran mediante una teoría en un nivel dado serían no-teóricos al siguiente nivel más alto. De nuevo pienso que esta intuición es iluminadora, pero no veo muy verosímil el hacerla precisa ni tampoco muchas razones para intentarlo.

yes especiales que se necesitan para determinadas aplicaciones —por ejemplo la ley de elasticidad de Hooke— y puede contener también condiciones de ligadura especiales que se apliquen solamente cuando se recurra a esas leyes. Dos personas que se suscriban a dos núcleos estructurales distintos poseen, por ese mismo hecho, teorías diferentes. Sin embargo, si comparten la creencia en un núcleo estructural y en ciertas de sus aplicaciones paradigmáticas, entonces son partidarios de la misma teoría aunque sus creencias relativas a las expansiones permisibles difieran en buena medida. Los mismos criterios para adherirse a una y la misma teoría se aplican en el caso de un único individuo en tiempos diferentes. (Sneed, 1971, págs. 171–184, 266 s., 292 s.; Stegmüller, 1973, págs. 120–134, 189–195.)

Dicho brevemente, un núcleo estructural constituye una estructura que, al contrario de un núcleo expansionado, no puede ser abandonada sin que se abandone la teoría correspondiente. La refutación de una afirmación empírica que la teoría haga puede hacer tambalearse únicamente a la expansión, no al núcleo estructural, y no, por tanto, a la teoría misma, debido a que las aplicaciones de la teoría, exceptuando quizás a las que se originaron con ella, dependen de expansiones diseñadas especialmente. El modo en que Sneed y Stegmüller aplican esta idea a la explicación de las mías debería ser obvio. También deberían serlo en mi opinión sus razones para sugerir que al menos algunos cambios de núcleo estructural corresponden a los episodios que he llamado revoluciones científicas. Como ya he indicado, espero y me inclino a creer que se puedan mantener afirmaciones de este tipo, pero en su forma presente ofrecen, por desgracia, un aire de circularidad. Para eliminarlo habrá que decir muchas más cosas sobre el modo de determinar si un elemento particular de la estructura de los que se utilizan al usar la teoría ha de asignársele a su núcleo estructural o a alguna de sus expansiones.

Aunque sobre este asunto sólo puedo ofrecer algunas intuiciones, la importancia del mismo puede justificar el que haga algunos intentos al respecto, empezando con algunos ejemplos sobre los que Stegmüller y Sneed están claramente de acuerdo. Supóngase que la atracción gravitatoria fuese inversamente proporcional al cubo de la distancia o que la fuerza de elasticidad fuera una función cuadrática de la elongación. En esos casos el mundo

sería diferente, pero la mecánica newtoniana sería todavía mecánica y newtoniana. Por lo tanto, la ley de la elasticidad de Hooke y la ley de la gravedad de Newton pertenecen a expansiones de la mecánica clásica de partículas, no al núcleo estructural que determina la identidad de la teoría. Por otra parte, la segunda ley del movimiento de Newton debe ser situada en el núcleo, ya que juega un papel esencial a la hora de dar un contenido a los conceptos de masa y de fuerza sin los cuales ninguna mecánica de partículas sería newtoniana. De algún modo la segunda ley forma parte constituyente esencial de toda la tradición mecánica cuyo origen se remonta a la obra de Newton.

Sin embargo, ¿qué diremos de la tercera ley de Newton, la ley sobre la igualdad de acción y reacción? Sneed, seguido por Stegmüller, la sitúa en un núcleo expandido, debido al parecer a que a partir de finales del siglo XIX era incompatible con las teorías electrodinámicas de las interacciones entre partículas cargadas y campos. Sin embargo, esta razón tan sólo sirve para ilustrar lo que he llamado anteriormente un 'aire de circularidad'. La necesidad de abandonar la tercera ley fue uno de entre los varios conflictos patentes entre la mecánica y la teoría electromagnética a finales del siglo XIX. Así pues, al menos a algunos físicos les pareció que la tercera ley era, al igual que la segunda, parte esencial de la mecánica. No podemos concluir que estaban equivocados simplemente porque la mecánica relativista y la mecánica cuántica no habían sido inventadas todavía para servir de sustitutos de la mecánica clásica. Por el contrario, si insistiéramos en que el núcleo estructural de la mecánica clásica debe contener todos y sólo aquellos elementos comunes a todas las teorías que recibieron el nombre de mecánica newtoniana durante todo el período que la teoría estuvo vigente, entonces el equiparar el cambio de núcleo estructural con el cambio de teoría constituiría un círculo vicioso. La persona que estimara, como lo hacen algunos físicos, que la relatividad especial constituyó la culminación de la mecánica clásica y no su derrumbamiento, podría demostrar su afirmación por mera definición, es decir, suministrando un núcleo estructural que se restringiera a elementos comunes a ambas teorías.

En resumen, concluyo que antes de que se pueda utilizar el formalismo de Sneed para identificar y analizar los episodios en los que el cambio teórico se presente en la forma de sustitución de

una teoría por otra, en lugar de como simple crecimiento, deben hallarse otras técnicas para distinguir los elementos de un núcleo de los de sus expansiones. No parece que haya problemas básicos que obstruyan el camino para hacer esto, pues la presentación del formalismo de Sneed aporta ya indicios importantes para proseguirlo. Lo que creo que se necesita es una articulación explícita y general —en el formalismo— de algunas intuiciones que son ampliamente compartidas, dos de las cuales se mencionan en lo que antecede. ¿Por qué es la segunda ley de Newton parte esencial de la mecánica y no lo es su ley de gravitación? ¿Qué hay tras nuestra convicción de que la mecánica relativista difiere conceptualmente de la newtoniana de un modo en que, por ejemplo, la mecánica de Lagrange o la de Hamilton no lo hacen?<sup>9</sup>

Stegmüller ha aportado más indicios en respuesta a una carta que contenía una formulación más temprana de estos problemas. Él sugiere que quizás un núcleo estructural deba ser lo suficientemente rico como para permitir evaluar las funciones teóricas. La segunda ley de Newton —prosigue— se requiere para tal propósito, pero la tercera y la ley de gravedad no. Esta sugerencia es precisamente del tipo que se necesita, pues empieza a suministrar condiciones mínimas para la *adecuación* o la *completitud* de un núcleo. Además, incluso en una forma tan preliminar, no es trivial en absoluto, ya que su desarrollo sistemático puede forzarnos a que transfiramos la tercera ley de Newton de la expansión de la mecánica clásica de partículas a su núcleo estructural. Aunque no soy ningún experto en estos asuntos, no veo ningún modo de distinguir la

<sup>9</sup> Como lo indica el análisis que sigue, el problema de distinguir entre un núcleo estructural y un núcleo expandido tiene en mi obra una contrapartida que le es muy afín: el problema de distinguir entre cambio revolucionario y cambio normal. He utilizado también ocasionalmente el término 'parte constituyente esencial' al analizar el problema, sugiriendo que lo que debe ser desechado en un cambio revolucionario es de algún modo una parte esencial y no una parte simplemente accidental o contingente de la teoría anterior. La dificultad estriba, por consiguiente, en encontrar los medios para precisar la expresión 'parte constituyente esencial'. Todo lo más que puedo acercarme a una solución se reduce todavía a un mero *aperçu*, y consiste en sugerir que los elementos constituyentes esenciales son en algún sentido cuasi-analíticos, es decir, determinados parcialmente por el lenguaje en que se habla de la naturaleza en lugar de estarlo por la naturaleza *tout court* (Kuhn, 1970, págs. 183 s.; 1974, pág. 469 n.).

masa inercial de la gravitacional (y, por consiguiente, la masa del peso o de la fuerza) sin recurrir a la tercera ley. Por lo que toca a la distinción entre mecánica clásica y relativista, las observaciones que se contienen en la carta de Stegmüller me llevan a la siguiente formulación provisional. Quizás sería posible hallar núcleos estructurales que fueran simbólicamente idénticos para las dos teorías, pero la identidad de las mismas sería sólo aparente. Es decir, las dos utilizarían teorías distintas del espacio-tiempo para especificar sus funciones no-teóricas. Obviamente, las sugerencias de este tipo necesitan un trabajo ulterior, pero el hecho de que se las pueda formular con cierta facilidad es ya una razón para sospechar que ese trabajo tendrá éxito.

#### *4. Reducción y revoluciones.*

Supongamos ahora que se desarrollaran técnicas adecuadas para distinguir un núcleo estructural de sus expansiones. ¿Qué sería posible decir entonces sobre las relaciones entre los cambios de núcleo y los episodios que he llamado revoluciones científicas? Las respuestas a esta pregunta dependerán, en último término, de que se acepte como base para la investigación la aplicación de la relación de reducción de Sneed a los pares de teorías en los que un miembro del par sustituyó en un momento histórico dado al otro. Nadie ha aplicado —por lo que yo sé— todavía el nuevo formalismo a un par de ese tipo,<sup>10</sup> pero Sneed sugiere de un modo provisional lo que esa aplicación podría tratar de poner de manifiesto. Quizás, escribe, la “nueva teoría debe ser tal que la vieja se

<sup>10</sup> Los ejemplos de Sneed son la reducción de la mecánica de los cuerpos rígidos a la mecánica clásica de partículas, así como las relaciones (más próximas a la equivalencia que a la reducción) entre las formulaciones newtoniana, lagrangiana y hamiltoniana de la mecánica de partículas. Sobre todo ello dice cosas interesantes. Pero la mecánica de los cuerpos rígidos es, en una primera aproximación histórica, más joven que la teoría a la que se la reduce, y su estructura conceptual está, por consiguiente, relacionada de un modo claro con ella. Las relaciones entre las tres formulaciones de la mecánica clásica de partículas son más complejas, pero, de hecho, coexistieron sin que se pensara que eran incompatibles. No hay razón alguna para pensar que la introducción de ninguna de ellas, exceptuando la mecánica newtoniana, constituyera una revolución.

reduzca a (un caso especial de) esa nueva teoría” (Sneed, 1971, pág. 305).

Stegmüller aprueba —en su libro de forma más clara que en su contribución a este simposio— de un modo inequívoco esta sugerencia de corte relativamente tradicional, e inmediatamente la utiliza para eliminar lo que llama los *Rationalitätslücken* (vacíos de racionalidad) de mi punto de vista. Para él, como para muchos otros, estos vacíos de racionalidad se encuentran en mis observaciones sobre la inconmensurabilidad de pares de teorías separadas por una revolución, en mi insistencia consiguiente en los problemas de comunicación con los que se enfrentan los partidarios de cada una de ellas, y en mi insistencia en que estos problemas imposibilitan cualquier comparación sistemática, punto por punto, entre ellas. (Stegmüller, 1973, págs. 14, 24, 165–169, 182 s., 247–252.) Sobre este tema, estoy totalmente dispuesto a conceder que si pudiese utilizarse una relación de reducción para mostrar que una teoría posterior resuelve todos los problemas que resolvía su predecesora e incluso algunos más, entonces no faltaría nada de lo que se le puede pedir razonablemente a una técnica para comparar teorías. Sin embargo, el formalismo de Sneed no suministra una base para la afirmación contrarrevolucionaria de Stegmüller. Por el contrario, uno de los méritos principales del formalismo me parece ser el modo específico en que se le puede utilizar para situar el problema de la inconmensurabilidad.

Para poner de manifiesto de qué se trata aquí empezaré por formular mi posición de un modo algo más exacto que en la original. La mayoría de los lectores de mis trabajos han supuesto que cuando yo decía que las teorías eran inconmensurables quería decir con ello que no se las podía comparar entre sí. Pero el término ‘inconmensurabilidad’ es un término tomado de la matemática, y allí no tiene tales implicaciones. La hipotenusa de un triángulo rectángulo isósceles es inconmensurable con su lado, pero las dos cosas pueden ser comparadas hasta un grado de precisión cualquiera. Lo que falta no es la comparabilidad sino una unidad de longitud en términos de la que se pueda medir a ambas cosas directa y exactamente. Al aplicar el término ‘inconmensurabilidad’ a las teorías pretendía únicamente insistir en que no existe ningún lenguaje común en el que se pueda expresar completamente a ambas y al que se pudiera, por tanto, recurrir en una comparación

punto por punto entre ellas.<sup>11</sup>

Visto de esta manera, el problema de la comparación de teorías se convierte en parte en un problema de traducción, y mi actitud hacia el mismo puede indicarse brevemente haciendo referencia a la posición que Quine desarrolla en *Palabra y objeto* y en las publicaciones posteriores. Al contrario que Quine, yo no creo que la referencia en los lenguajes naturales o científicos sea en último término inescrutable, sino sólo que es muy difícil de descubrir y que no se puede estar nunca absolutamente seguro de haber tenido éxito. Pero identificar la referencia en un lenguaje extranjero no es equivalente a la elaboración de un manual sistemático de traducción para ese lenguaje. La referencia y la traducción constituyen dos problemas, y no uno solo, y no se resolverán los dos juntos. La traducción requiere siempre necesariamente imperfecciones y compromisos, y el mejor compromiso para un determinado propósito puede no serlo para otro; el traductor capaz, cuando está frente a un texto determinado, no procede sistemáticamente, sino que debe repetidas veces cambiar las palabras o las expresiones que escoge, dependiendo de cuál sea el aspecto del original que le parece más importante conservar. La traducción de una teoría en el lenguaje de otra depende, en mi opinión, de compromisos del mismo tipo, de lo cual se deriva la inconmensurabilidad. Sin embargo, la comparación de teorías exige sólo identificar la referencia, problema que se hace más difícil, aunque no imposible de solucionar, por

<sup>11</sup> Cuando utilicé por vez primera el término 'inconmensurabilidad' concebía el hipotético lenguaje neutral como un lenguaje en el que se podía describir cualquier teoría. Posteriormente me he dado cuenta de que la comparación requiere únicamente un lenguaje neutral con respecto a las dos teorías de que se trate en un momento dado, pero dudo de que pueda diseñarse algo que posea incluso esa clase de neutralidad más limitada. Las conversaciones mantenidas con Stegmüller muestran que es en este punto donde él y yo estamos más claramente en desacuerdo. Considérese, por ejemplo, la comparación de la mecánica clásica con la relativista. Él supone que a medida que uno descienda en la jerarquía de la mecánica clásica de partículas (o de la relativista) a la mecánica más general que no cuenta con la segunda ley de Newton, luego a la cinemática de partículas, y así sucesivamente, se alcanzará al fin un nivel en el que los términos no-teóricos son neutros con respecto a la teoría clásica y a la relativista. Dudo de que se pueda disponer de ese nivel, no pienso que su "y así sucesivamente" pueda iluminar el problema, y, por consiguiente, supongo que la comparación sistemática de teorías necesita la determinación de los referentes de términos que son inconmensurables.

las imperfecciones intrínsecas de las traducciones.

Con esto como trasfondo, lo que quiero sugerir en primer lugar es que el uso que hace Stegmüller de la relación de reducción es circular. El análisis de la reducción que hace Sneed depende de una premisa no discutida que considero equivalente a la traducibilidad completa. Una condición necesaria para la reducción de una teoría  $T$  a una teoría  $T'$  es una relación similar de reducibilidad entre los correspondientes núcleos estructurales,  $K$  y  $K'$ . Esta requiere a su vez una relación de reducibilidad entre los modelos potenciales parciales que caracterizan a estos núcleos. Es decir, se requiere una relación  $\rho$  que asocie de forma única a cada elemento del conjunto  $M'_{pp}$  con un solo elemento del conjunto  $M_{pp}$ , conjunto generalmente más pequeño. Tanto Sneed como Stegmüller insisten en que los elementos de los dos conjuntos pueden describirse de forma muy distinta, y que, por consiguiente, pueden mostrar estructuras muy diferentes (Sneed, 1971, págs. 219 s.; Stegmüller, 1973, pág. 145). Sin embargo, dan por supuesta la existencia de una relación  $\rho$  lo suficientemente potente como para ser capaz de identificar por su estructura al elemento de  $M_{pp}$  que corresponde al elemento de  $M'_{pp}$  con una diferente estructura, descrito en términos diferentes. Esta es la suposición que yo creo que equivale a la traducción problemática. Naturalmente lo que hace es eliminar los problemas que, en mi opinión, se centran en la inconmensurabilidad. Pero ¿puede simplemente darse por supuesta una relación tal, dado el estado actual de la literatura sobre el tema?

En el caso de las teorías cualitativas pienso que es claro que no existe por regla general una relación de este tipo. Considérese, por ejemplo, uno de los muchos contraejemplos que he desarrollado en otro lugar (Kuhn, 1970, pág. 107). El vocabulario básico de la química del siglo XVIII era predominantemente el de las cualidades, y el problema central del químico estribaba entonces en inferir las cualidades a partir de las reacciones. A los cuerpos se les clasificaba en terrosos, oleaginosos, metalinos, etc. El flogisto era una sustancia que añadida a varias tierras notablemente diferentes les proporcionaba todo el brillo, ductilidad y demás características comunes a los metales conocidos. En el siglo XIX los químicos abandonaron en gran parte esas cualidades secundarias en favor de características como las proporciones y los pesos de las combinaciones. El que para un elemento dado se conociesen esas característi-

cas, no proporcionaba indicio alguno para averiguar las cualidades que en el siglo anterior le habrían hecho ser una especie química determinada, distinta a las demás. Ya no podía explicarse en absoluto el hecho de que los metales tuvieran propiedades comunes.<sup>12</sup> Una muestra identificada como cobre en el siglo XVIII seguía siendo cobre en el XIX, pero la estructura por la cual se la había incluido en el conjunto  $M_{pp}$  era distinta de la que servía para incluirla en el conjunto  $M'_{pp}$ , y no había ningún camino que llevase de la última a la primera.

No hay nada que se le parezca a esto en cuanto al grado de claridad en la relación entre teorías consecutivas de la física matemática, que es el caso al que restringen su atención Sneed y Stegmüller. Dada una descripción cinemática relativista de una vara en movimiento, se pueden calcular siempre las funciones de longitud y posición que se le atribuirían a esa vara en la física newtoniana.<sup>13</sup> Sin embargo, es una de las virtudes especiales del formalismo de Sneed el hecho de que ilumina la diferencia esencial entre ese cálculo, realizado partiendo de la teoría de la relatividad, y el cálculo di-

<sup>12</sup> Sería erróneo dejar de lado esta pérdida de poder explicativo sugiriendo que el éxito de la teoría del flogisto fue sólo un accidente que no reflejaba característica alguna de la naturaleza. Los metales sí tienen características comunes, y éstas pueden explicarse ahora en términos de similares disposiciones de sus electrones de valencia. Sus compuestos tienen menos en común porque la combinación con otros átomos lleva a una gran variedad en las configuraciones de electrones ligados débilmente a las moléculas resultantes. Si la teoría del flogisto no tuvo la estructura de la explicación moderna fue primariamente debido a que sugería que a minerales que no eran parecidos se les añadía algo que provocaba su similaridad, en lugar de sugerir que se les quita algo que provoca sus diferencias.

<sup>13</sup> En la reconstrucción de Sneed, el campo de la cinemática de partículas es una teoría de bajo nivel que proporciona los elementos de  $M_{pp}$  necesarios para formalizar cualquiera de las variedades de la mecánica de partículas (siendo determinadas estas últimas por los diversos modos posibles de añadir las funciones de fuerza y de masa a los elementos de  $M_{pp}$ ). La mecánica clásica de partículas surge únicamente por especialización del subconjunto  $M$  (de elementos de  $M_p$ ) que satisface la segunda ley de Newton. Pero esta manera de ver las cosas no sirve, según creo, cuando se ha de comparar la mecánica newtoniana con la relativista, pues las dos han de construirse a partir de sistemas espacio-temporales distintos, y, por consiguiente, a partir de cinemáticas distintas o de elementos de  $M_{pp}$  estructurados diferentemente. Al carecer de un formalismo desarrollado para la relatividad especial, continuaré considerando a una cinemática sólo de un modo aproximado, como parte de la mecánica que la presupone.

recto en la teoría newtoniana. En este último caso se empieza con un núcleo newtoniano y se calculan directamente los valores, yendo de aplicación en aplicación con ayuda de condiciones de ligadura determinadas. En el primero se empieza con un núcleo relativista y se va pasando por aplicaciones determinadas de distintos modos, con la ayuda de condiciones de ligadura (relativas a las funciones de longitud y tiempo) que pueden ser también distintas de las newtonianas. Es únicamente en el último paso cuando, al hacer  $(v/c)^2 \ll 1$ , cuando obtenemos valores numéricos que coinciden con los de los cálculos anteriores.

Sneed subraya esta diferencia en el penúltimo párrafo de su libro:

las funciones aparecen en la nueva teoría en una estructura matemática distinta —están en relaciones matemáticas distintas las unas con las otras; admiten diferentes posibilidades de determinar sus valores— a la de las funciones correspondientes en la vieja teoría... . Desde luego, es interesante el hecho de que la mecánica clásica de partículas esté relacionada con la relatividad especial mediante una relación de reducción, y que las funciones de masa se correspondan una con otra en esta relación de reducción. Pero esto no debe ocultar el hecho de que estas funciones tienen propiedades formales diferentes y que, en cierto sentido, están asociadas con conceptos distintos. (Sneed, 1971, págs. 305 s.)

A mí me parece que estas observaciones dan en la diana (véase Kuhn, 1970, págs. 100–102), y sugieren las siguientes preguntas. ¿No exige la relación de reducción  $\rho$  entre modelos potenciales parciales una capacidad para relacionar conceptos, o propiedades formales, o estructuras matemáticas, que subyacen a los elementos de  $M'_{\rho\rho}$  y a los de  $M_{\rho\rho}$ , capacidad que es previa al cálculo de los valores numéricos concretos que esas estructuras determinan en parte? ¿Es la existencia de la relación  $\rho$  entre modelos potenciales parciales tan poco problemática por el mero hecho de que se puedan realizar esos cálculos?

Hasta ahora he hablado exclusivamente de las dificultades que presenta la relación de reducibilidad entre núcleos. No obstante, en el formalismo de Sneed la especificación de una teoría exige especificar no sólo un núcleo, sino también un conjunto de aplicaciones propuestas,  $I$ . La reducción de una teoría  $T$  a una teoría  $T'$  debe requerir, por consiguiente, algún tipo de restricciones relativas a las relaciones admisibles entre los elementos de los conjuntos  $I$  e  $I'$ . En particular, si  $T'$  ha de resolver todos los problemas que  $T$  resuelve y algunos más, entonces  $I'$  debe contener a  $I$ . En el caso más

general, el de las teorías cualitativas, es dudoso que esta relación de inclusión pueda satisfacerse. (Ciertamente, como indican las anteriores observaciones sobre la química,  $T'$  no resuelve siempre todos los problemas que  $T$  resuelve.) Pero al faltar una formalización siquiera aproximada de tales teorías, es difícil analizar el tema, y, por tanto, me limitaré aquí a las aplicaciones propuestas de la mecánica newtoniana y relativista, caso para el que al menos las intuiciones se encuentran más desarrolladas. El análisis del mismo dirigirá rápidamente la atención hacia lo que, para mí, constituye el aspecto aislado más notable del formalismo de Sneed, aspecto que es también el que está más necesitado de desarrollos ulteriores, no necesariamente formales.

Si la mecánica newtoniana ha de reducirse a la relativista, entonces las aplicaciones propuestas de la primera (es decir, las estructuras a las que se espera que se aplique la teoría newtoniana) deben limitarse a velocidades que sean pequeñas comparadas con la velocidad de la luz. Por lo que sé, no existe evidencia alguna de que con anterioridad al cambio de siglo se le ocurriese una restricción de este tipo a ningún físico. Las velocidades que se encontraban en las aplicaciones de la mecánica newtoniana se restringían solamente *de facto*, por la naturaleza misma de los fenómenos que los físicos estudiaban. De ello se sigue que la clase histórica  $I$ , que incluye las aplicaciones propuestas y no sólo las reales, abarcaba situaciones en las que la velocidad podía ser apreciable comparada con la de la luz. Para aplicar las relaciones de reducción deben excluirse estos elementos de  $I$ , construyéndose así un conjunto más pequeño de aplicaciones propuestas que rotularé  $I_c$ .

Para los formalismos tradicionales, esta restricción de las aplicaciones propuestas no tiene ninguna importancia evidente, y todo el mundo la ha descartado. La teoría reducida se constituía mediante las *ecuaciones* de la mecánica newtoniana, y éstas seguían siendo las mismas tanto si se las enunciaba directamente como si se las derivaba de las ecuaciones relativistas en el límite. Pero en el formalismo de Sneed, la teoría reducida es el par ordenado  $\langle K, I_c \rangle$ , y éste difiere del par original  $\langle K, I \rangle$ , dado que  $I_c$  difiere de  $I$  en cualquier caso. Si la diferencia se limitara a los elementos de los dos conjuntos, podría carecer de importancia alguna, porque las aplicaciones excluidas serían todas ellas falsas. Sin embargo, mirando más de cerca el modo en que se determina lo que ha de contar como

elemento de  $I_c$ , y lo que ha de contar como elemento de  $I$ , la cuestión sugiere que en este punto se ventila algo mucho más esencial.

El dar razones para este modo de ver las cosas precisa de una breve digresión relativa a una —la última— de las características paralelas entre mis ideas y las de Sneed. Su libro pone de relieve que no se puede determinar extensionalmente cuáles son los elementos de la clase  $I$  de las aplicaciones propuestas, toda vez que las funciones teóricas serían entonces eliminables, y las teorías no podrían crecer entonces por el procedimiento de mostrar nuevas aplicaciones. Además, él duda de que el ser o no elemento de  $I$  pueda determinarse mediante algo que se parezca mucho a un conjunto de condiciones necesarias y suficientes. Preguntándose cómo se determinaría, se refiere de un modo críptico al predicado wittgensteiniano 'es un juego', y sugiere que el baloncesto, el béisbol, el póquer, etc., "podrían ser 'ejemplos paradigmáticos' de juegos". (Sneed, 1971, págs. 266–288, especialmente pág. 269.) La sección del libro de Stegmüller titulada "Was ist ein Paradigma?" ("¿Qué es un paradigma?"), amplía considerablemente este punto y recurre explícitamente a relaciones de similitud (*Ähnlichkeitsbeziehungen*) para explicar el modo de determinar la pertenencia a  $I$ . Muchos sabrán que las relaciones de similitud aprendidas, adquiridas en el curso de la formación profesional, han figurado en gran medida en mis investigaciones recientes. (Kuhn, 1970, págs. 187–191, 200 s.; 1974. Nótese que ni Sneed ni el profesor Stegmüller habían leído estos pasajes cuando desarrollaron ideas tan similares.) Extenderé y aplicaré ahora brevemente lo que antes he dicho sobre ellas.

En mi opinión, una de las cosas (quizás a veces la única) que cambia en toda revolución científica es alguna parte de la red de relaciones de similitud que determina y a la vez confiere estructura a la clase de las aplicaciones propuestas. De nuevo los ejemplos más claros se encuentran entre las teorías científicas cualitativas. En otro lugar he señalado que con anterioridad a Dalton las soluciones, las aleaciones, y la atmósfera compuesta se consideraban *parecidas*, por ejemplo, a los óxidos metálicos o a los sulfatos, y *nada parecido* a ciertas mezclas físicas como las limaduras de hierro y azufre (Kuhn, 1970, págs. 130–135).<sup>14</sup> Después de Dalton cambió

<sup>14</sup> Nótese que lo que he estado llamando aquí relación de similitud

la configuración de similitudes, de manera que las soluciones, las aleaciones y la atmósfera fueron transferidas de la clase de las aplicaciones químicas a la clase de las aplicaciones físicas (de los compuestos químicos a las mezclas físicas).

Al faltar un formalismo, incluso mínimo, para la química, no puedo proseguir con este ejemplo, pero puede verse un cambio muy parecido en la transición de la mecánica newtoniana a la relativista. En la primera, ni la velocidad de un cuerpo en movimiento ni la velocidad de la luz jugaban papel alguno al determinar el parecido entre un candidato a pertenecer a  $I$  y otros elementos del conjunto previamente aceptados; en la mecánica relativista, por otra parte, estas dos velocidades entran en la relación de similitud que determina la pertenencia a la clase, distinta a la anterior,  $I'$ . Sin embargo, los elementos de la clase construida,  $I_c$ , se seleccionan a partir de este último conjunto, y es éste, no el conjunto histórico  $I$ , el que se utiliza para especificar la teoría que puede ser reducida a la mecánica relativista. La diferencia importante entre los dos no estriba, por tanto, en que  $I$  contenga elementos que no están en  $I_c$ , sino que incluso los elementos que son comunes a los dos conjuntos se determinan por técnicas muy diferentes, y, por consiguiente, tienen estructuras distintas y corresponden a conceptos distintos. El cambio estructural o conceptual que se requiere para hacer la transición de la mecánica newtoniana a la relativista, se requiere también para la transición de la teoría histórica (y, en cualquier sentido usual, irreducible),  $\langle K, I \rangle$ , a la teoría  $\langle K, I_c \rangle$ , construida para satisfacer la relación de reducción de Sneed. Si este resultado vuelve a introducir un vacío de racionalidad, entonces puede que sea nuestra idea de racionalidad la que está fallando.

Estas observaciones finales deberían dar una idea de lo profundamente que me place el formalismo del Dr. Sneed y el uso que de él hace el profesor Stegmüller. Incluso en los puntos de desacuerdo, la interacción tiene como resultado una notable clarificación, y la ampliación de puntos de vista, por lo menos del mío.

depende no sólo del parecido con otros elementos de la misma clase sino también de la diferencia que haya con los elementos de otras clases (véase Kuhn, 1974). El no darse cuenta de que la relación de similitud adecuada para determinar la pertenencia a familias o clases naturales debe ser triádica en lugar de diádica ha creado, en mi opinión, algunos problemas filosóficos innecesarios que espero tratar en otra ocasión.

Después de todo no hay una gran distancia entre el término sneediano 'estructura matemática diferente' o el de 'conceptos diferentes' y mi terminología de 'ver las cosas diferentemente' o de los cambios de configuración que separan los dos modos de ver algo. El vocabulario de Sneed promete una precisión y una articulación imposibles con el mío, y doy la bienvenida a las perspectivas que abre. Pero con respecto a la comparación de teorías incompatibles constituye solamente un programa de cosas por ocurrir. Habiendo insistido en el primer párrafo de este ensayo en que el nuevo formalismo de Sneed hace que nuevos territorios sean accesibles a la filosofía analítica de la ciencia, espero en esta última sección haber indicado la parte de ese territorio que necesita ser explorada más urgentemente. Hasta que esto se lleve a cabo el formalismo de Sneed habrá contribuido poco a la comprensión de las revoluciones científicas, algo que espero sinceramente que será capaz de hacer.

#### BIBLIOGRAFIA

- Kuhn, T.S.: 1970, *The Structure of Scientific Revolutions* (traducción castellana: *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México), 2ª ed., Univ. of Chicago Press, Chicago, Ill.
- Kuhn, T.S.: 1974, "Second Thoughts on Paradigms" (versión castellana de D. Ribes en prensa en Edit. Tecnos, Madrid), en F. Suppe (compil.), *The Structure of Scientific Theories*, Univ. of Illinois Press, Urbana, Ill.
- Sneed, J.D.: 1971, *The Logical Structure of Mathematical Physics* (versión castellana en prensa en Edit. Ariel, Barcelona), D. Reidel Publishing Company, Dordrecht y Boston.
- Stegmüller, W.: 1973, *Theorie und Erfahrung* (vol. II/2 de *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*) (versión castellana de U. Moulines en prensa en Edit. Ariel, Barcelona), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg Nueva York.

Versión castellana de J. Daniel Quesada

NOTA. La versión inglesa original de este artículo apareció en la revista *Erkenntnis*, vol. 10 (1976), págs. 179–199. La casa Reidel, de Dordrecht, Holanda, ha concedido a *Teorema* los derechos de la versión castellana.