Diánoia, vol. 21, no. 21, 1975

ESTRUCTURAS Y DINÁMICA DE LAS TEORÍAS *

Algunas reflexiones sobre J. D. Sneed y T. S. Kuhn

I. TEORÍAS Y SUS ASERCIONES EMPÍRICAS

El modo más natural de formular una teoría científica es axiomatizarla. Entre las varias posibilidades de interpretar la expresión "axiomatizar una teoría", una particularmente atractiva para los estudios lógicos consiste en tomarla con el significado de "definir un predicado conjuntista". Por tanto, hablaremos a veces del predicado conjuntista *correspondiente* a la teoría en cuestión. Así, por ejemplo, la teoría de grupos es axiomatizada mediante la introducción del predicado conjuntista correspondiente "es un grupo"; la mecánica cuántica es axiomatizada mediante la introducción del predicado conjuntista "es una mecánica cuántica". Nosotros no presupondremos que la teoría de los conjuntos misma está formalizada. El predicado conjuntista usado para axiomatizar una teoría será siempre, por tanto, un predicado *informal.*

Si el vocabulario no-lógico de la teoría contiene sólo conceptos cuantitativos, esto es, funciones de diversos tipos, entonces el predicado conjuntista correspondiente a la teoría describe una estructura matemática S. Por el momento usaremos solamente un concepto intuitivo de teoría. Dada la teoría T, lo importante por el momento es sólo su estructura matemática $S(T)$ y la extensión del predicado "S", llamada el conjunto $M_{S(T)}$ de *modelos* de nuestra teoría. Los enunciados empíricos hechos con ayuda de nuestra teoría son enunciados que tienen la forma

$$\text{(I)} \qquad a \in M_{S(T)},$$

en las cuales a es el sistema físico al cual afirmamos que puede aplicarse nuestra teoría.

Según Sneed, esta concepción tradicional de los enunciados empíricos de una teoría tiene que afrontar dificultades insuperables si la teoría contiene funciones teóricas. Cuál función debe considerarse como una función teórica φ de T no es, según Sneed, una cuestión de convención lingüística, tal como parece serlo para el empirista. La cuestión consiste en saber si los valores de φ son *T-dependientes.* Su concepto de función teórica, relativo a una teoría, puede caracterizarse *grosso modo* de la siguiente manera:

* El presente artículo apareció en versión inglesa en *Erkenntnis,* 9, 1975.

La función φ es *teórica con respecto a* T si y sólo si para todo $a_i \in M_{S(T)}$ cualquier método para medir los valores de φ para algunos individuos de a_i presupone la existencia de un a_j tal que $a_j \in M_{S(T)}$. (Nótese, sin embargo, que i no tiene que ser necesariamente distinta de j.) Así pues, las mediciones son T-dependientes y cualquier intento de comprobar la verdad de (I) presupone ya la existencia de una aserción empírica verdadera con esa misma forma. Por consiguiente, cuando aparecen funciones T-teóricas, la concepción tradicional de los enunciados empíricos de una teoría se ve envuelta en un círculo vicioso o bien en un regreso infinito (según el número de aplicaciones de la teoría). Es ésta la dificultad que Sneed llama *el problema de los términos teóricos.*

Nótese que la dificultad mencionada no se refiere al status *semántico* de los conceptos T-teóricos, sino sólo a su status *epistémico.* Por tanto, asumir que (I) es *verdadero* es algo no problemático en el sentido de que no se basa en asumir que otro enunciado de esa forma sea verdadero. Sin embargo, todo intento de *averiguar si* (I) *es verdadero* se ve envuelto en un círculo vicioso o en un regreso infinito.

Se podría expresar este hecho diciendo que la aparición de funciones T-teóricas en (I) impide que (I) sea un enunciado empírico, esto es, un enunciado comprobable de manera empírica.

La diferencia es obvia en los casos en que $i = j$ (este caso siempre se da cuando hay sólo una aplicación). Aquí la medición que se lleva a cabo de los valores de la función T-teórica φ para ciertos individuos, a fin de averiguar si $a_i \in M_{S(T)}$ es verdadero, presupone que *este mismo enunciado* es verdadero. Tómese, por ejemplo, una balanza B usada para determinar el peso de un cuerpo físico. ¿Qué significa decir que este peso es medido de un modo T-dependiente, si T es una mecánica de partículas clásica? Significa que suponemos que B es un modelo de T. Si convenimos en que *masa* y *fuerza* son funciones T-teóricas y, por razones de simplicidad, suponemos que B es *la única aplicación* de T (esto es, $i = j = 1$), entonces el enunciado anterior no puede ser un enunciado empírico. Esto resulta inmediatamente evidente si imaginamos a una persona preguntando por la corrección de nuestra medición en virtud de que piensa que la balanza es defectuosa. No hay ningún modo empírico de despejar sus dudas.

El único medio de escapar a esta dificultad, hasta donde alcanza nuestro conocimiento en este momento, es lo que Sneed llama *la solución Ramsey del problema de los términos teóricos.* A fin de explicarla introduciremos primero un poco de terminología técnica.

Supongamos un predicado conjuntista S del tipo mencionado al principio y, además, supongamos que la teoría T, axiomatizada con ayuda de S, contiene funciones T-teóricas. Una entidad que sea similar a un modelo de T, pero que no necesite satisfacer propiamente los axiomas, es llamada un modelo *posible* de T. Si tomamos un modelo posible y eliminamos de él todas las funciones T-teóricas, obtenemos un *modelo posible parcial* de T. La sugerencia de Sneed de hacer aserciones empíricas usando predicados conjuntistas consiste *grosso modo* en lo siguiente: debemos tomar no modelos, sino modelos posibles parciales, como aplicaciones que nos proponemos efectuar de una teoría. Puesto que ellos no contienen funciones T-teóricas, podemos tomarlos como los objetos a los cuales hacen referencia los nombres o descripciones en un sentido empírico.

Si x es un modelo posible parcial de T, y es llamada un *complemento teórico de* x: $y\Sigma x$ si y sólo si y es ese modelo posible de T del cual se obtiene x mediante la eliminación de las funciones teóricas. A la inversa, diremos que x es la *reducción no-teórica* o, simplemente, la *reducción* de y. Dado un cierto modelo posible a, verbigracia el mencionado en (I), designamos con a^r la reducción correspondiente. Similarmente, M^r designa el conjunto de reducciones de los elementos de $M_{p(T)}$, donde $M_{p(T)}$ es el conjunto de modelos posibles de la teoría T. Obviamente M^r es el conjunto de modelos posibles parciales correspondiente a $M_{S(T)}$. Con $M^r_{S(T)}$ designamos el conjunto de reducciones de elementos de $M_{S(T)}$. Por supuesto, todo elemento de $M^r_{S(T)}$ tiene que ser un elemento de M^r, mas no viceversa. Regularmente, M^r habrá de contener más elementos que $M^r_{S(T)}$.

Como primer paso substituimos aserciones de la forma (I) por sus substitutos-Ramsey: [1]

$$\text{(II)} \qquad \bigvee y(y\Sigma b \wedge y\in M_{S(T)}),$$

siendo b un modelo posible parcial de T. Podemos llamar a (II) la *traducción-Ramsey* de la aserción (I) en el caso en que b sea lo mismo que a^r. Intuitivamente hablando, lo que (II) dice sobre el modelo posible parcial b de la teoría con la estructura matemática S es esto: "Existe un complemento teórico de b que es un elemento del conjunto $M_{S(T)}$ de todos los modelos de la teoría."

Usando la terminología de las reducciones, (I) podría substituirse por

$$\text{(II*)} \qquad a^r\in M^r_{S(T)},$$

que dice: "La reducción de a es un elemento del conjunto de reducciones de aquellos modelos posibles de la teoría que resultan ser modelos de la teoría."

[1] Para detalles relativos a las oraciones siguientes, las cuales pretenden reproducir las aserciones empíricas de una teoría *cfr.* J. D. Sneed, [*Mathematical Physical*], p. 42 *ss.*, o W. Stegmüller, [*Theoriendynamik*], p. 65 *ss.* (Los títulos entre corchetes se refieren a obras cuyos datos completos se encuentran en la Bibliografía que aparece al final de este artículo.)

Enunciados del tipo (II) o (II*), en contraposición con los enunciados del tipo (I), pueden ser considerados *de carácter empírico.* Al comprobar (II) o (II*) tenemos que averiguar si una entidad *b, descriptible en términos puramente no-teóricos,* satisface ciertas condiciones impuestas a las funciones *no-teóricas* que aparecen en el enunciado.[2] Ciertamente que pueden surgir dificultades, pero son solamente de naturaleza matemática. Así pues, el problema de los términos teóricos ha desaparecido.

No obstante, el substituto-Ramsey del enunciado original (I) sigue siendo defectuoso cuando menos en tres aspectos. En primer lugar, *el número de aplicaciones que nos proponemos efectuar* de la teoría es, en general, *mayor que uno.* (En el caso de la mecánica de partículas clásica, por ejemplo, existen las siguientes aplicaciones posibles: el sistema solar y ciertos subsistemas del mismo, los péndulos, la clase de las mareas, la clase de las caídas libres cerca de la superficie de la tierra, etc.) Esas aplicaciones pueden tener, y por regla general las tienen, intersecciones no vacías. En segundo lugar, las diversas aplicaciones que nos proponemos hacer están "entreligadas" por condiciones de ligadura [*constraints*] impuestas a las funciones teóricas. Esto significa que las funciones teóricas empleadas en distintas aplicaciones no son independientes unas de otras, sino que existen ciertas relaciones entre sus valores. Un ejemplo sencillo de una condición de ligadura dice que un individuo que figure en diversas aplicaciones recibe el *mismo* valor de un tipo de función, por ejemplo, la masa. Otra condición de ligadura puede ser formulada con ayuda del siguiente enunciado: "La masa es una cantidad extensiva", aunque esa expresión tenga la apariencia de "que estuviésemos formulando una ley" sobre la función de masa, cuando en realidad expresa solamente una condición de ligadura.

Esto resulta obvio en cuanto nos percatamos de que los individuos cuya combinación debe recibir un valor de la función de masa pueden ser tomados de *diversas* aplicaciones. Finalmente, *leyes especiales* pueden valer en aplicaciones *particulares* sin valer en otras.

Veamos ahora cómo podemos modificar el enunciado (II) (o(II*)) para dar cuenta de esas complicaciones. La primera y más simple modificación consiste en usar negritas para designar los conjuntos de entidades mencionadas en (II). "$\mathbf{y}\Sigma\mathbf{x}$" significa ahora "$\mathbf{y}$ es un conjunto de complementos teóricos del conjunto de posibles modelos parciales $\mathbf{x}$". La segunda modificación consiste en requerir que una unión de funciones sea restringida por $\langle R_i, \rho_i\rangle$. Esto ha de significar que si elementos de la unión de los dominios de esas funciones se encuentran en la relación R_i, entonces los valores de esas funciones para los elementos dados se encuentran en la relación ρ_i. Tomemos

[2] Nótese que nuestro uso de la palabra "empírico" es informal. Sólo significa que la gente a la que llamamos científicos empíricos no se ven envueltos en el problema de las funciones teóricas al poner a prueba la verdad de (II).

$\langle R, \rho\rangle$ como una representación formal de la clase de todas las restricciones de ese tipo. La clase C de condiciones de ligadura puede entonces ser definida como una relación con cuatro argumentos "$C(\mathbf{y}, \mathbf{x}, R, \rho)$" que significa "$\mathbf{y}$ es un conjunto de complementos teóricos de $\mathbf{x}$ y la unión de las funciones teóricas que integran elementos de $\mathbf{y}$ a partir de elementos de $\mathbf{x}$ está restringida por $\langle R, \rho\rangle$".[3]

Damos cuenta de las dos primeras clases de modificaciones si substituimos (II) por

(III) $\bigvee \mathbf{y}(C(\mathbf{y}, \mathbf{b}, R, \rho) \wedge \mathbf{y} \subseteq M_{S(T)})$.

(Nótese que el miembro "$\mathbf{y}\Sigma\mathbf{x}$" no necesita ser mencionado porque ha pasado a formar parte de $C(\mathbf{y}, \mathbf{b}, R, \rho)$.)

La misma modificación puede hacerse también con respecto a (II*). Aquí tenemos que usar una caracterización conjuntista de la clase C de condiciones de ligadura, de la cual pensamos distinguir ciertos elementos del conjunto potencia de $M_{p(T)}$, esto es, del conjunto de todos los modelos posibles de T. C debe ser considerada una *condición de ligadura para* $M_{p(T)}$ si y sólo si:

(1) $C \subseteq Po(M_{p(T)})$ (con "Po" para "conjunto potencia de") y

(2) $\bigwedge x(x \in M_{p(T)} \rightarrow \{x\} \in C)$.

La condición (2), al especificar que la uniclase [*unit set*] de todo modelo posible es un elemento de C, asegura que las condiciones de ligadura pueden excluir *combinaciones* de funciones, pero nunca pueden excluir *funciones particulares.*

(II*) tendría que ser substituido por

(III*) $\bigvee \mathbf{a}(\mathbf{a}^r = \mathbf{b} \wedge \mathbf{a} \in C \wedge \mathbf{a} \subseteq M_{S(T)})$,

esto es, "hay un conjunto $\mathbf{a}$ de modelos de T que satisface todas las condiciones de ligadura y cuya reducción $\mathbf{a}^r$ es idéntica al conjunto $\mathbf{b}$ dado de aplicaciones que se intenta hacer de la teoría T".

Ahora bien, ¿qué ocurre con las leyes especiales? Una teoría T es formalmente representada por la estructura matemática S. Obtenemos una ley especial L restringiendo las funciones de S a ciertas formas de funciones. (Por regla general, este procedimiento se aplica a las funciones T-teóricas.) Por tanto, podemos representar cada ley *especial* mediante un predicado S^i *más estricto que* el predicado original S. Llamemos S^i una *especialización* o una *limitación* de S. El conjunto de modelos de S^i será designado por $M_{S^i(T)}$.

[3] La definición precisa se encontrará en [*Theoriendynamik*], p. 84.

Obviamente, esta representación puede ser iterada. A fin de evitar el uso de una multitud de índices, permitamos que para dos diferentes limitaciones S^i y S^k de S pueda ocurrir que una de ellas, verbigracia S^i, sea una limitación de la otra, por ejemplo de S^k. Más aún, incluiremos una generalización del concepto de condición de ligadura. Además de las condiciones de ligadura *generales,* puede haber condiciones de ligadura *especiales* que valgan sólo para aquellas funciones teóricas que figuran en leyes especiales. Por razones obvias podemos llamar a estas condiciones de ligadura especiales *condiciones de ligadura nomológicas* [*law-constraints*]. Siempre que parezca aconsejable contrastar el predicado básico S con los predicados S^i, obtenidos de él por medio de especializaciones, diremos que S *representa la ley fundamental de la teoría.*

Si $\mathbf{b}$ es el conjunto dado de aplicaciones que nos proponemos hacer de la teoría y $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \ldots, \mathbf{b}_n$ son los subconjuntos de $\mathbf{b}$ en los cuales se supone que, respectivamente, valen las leyes especiales representadas por $S^1, S^2, \ldots, S^n$, entonces (III) tiene que ser substituido por el siguiente enunciado:

$$\begin{aligned}
\text{(IV)} \qquad & \bigvee \mathbf{y}[C(\mathbf{y}, \mathbf{b}, R, \rho) \wedge \mathbf{y} \subseteq M_{S(T)} \wedge \\
& \wedge \bigvee \mathbf{y}_1(\mathbf{y}_1 \subseteq \mathbf{y} \wedge C(\mathbf{y}_1, \mathbf{b}_1, R_1, \rho_1) \wedge \mathbf{y}_1 \subseteq M_{S^1(T)}) \\
& \ldots \\
& \ldots \\
& \wedge \bigvee \mathbf{y}_n(\mathbf{y}_n \subseteq \mathbf{y} \wedge C(\mathbf{y}_n, \mathbf{b}_n, R_n, \rho_n) \wedge \mathbf{y}_n \subseteq M_{S^n(T)})].^4
\end{aligned}$$

Se supone que (IV) reproduce la aserción empírica completa que se hace con ayuda de la teoría T. *Grosso modo* se puede decir que el contenido de (IV) es el siguiente: "Existe un conjunto de funciones T-teóricas que satisfacen una clase dada de condiciones de ligadura tal que todos los modelos posibles parciales, esto es, todas las aplicaciones que nos proponemos hacer de la teoría y que pertenecen a $\mathbf{b}$ pueden, añadiendo esas funciones T-teóricas, ser complementados para convertirse en modelos de T, de un modo tal que los elementos de ciertos subconjuntos $\mathbf{b}_i$ de $\mathbf{b}$ puedan ser teóricamente complementados para convertirlos en modelos de las limitaciones S^i de S y, además, que algunas de las funciones T-teóricas usadas por esas limitaciones especiales satisfagan las condiciones de ligadura nomológicas $C(\mathbf{y}_i, \mathbf{b}_i, R_i, \rho_i)$".

Llamamos a (IV) el *enunciado Ramsey-Sneed* que expresa una aserción empírica hecha con ayuda de la teoría. Puesto que cada aserción empírica se hace *en un tiempo determinado,* por razones de exactitud deberíamos añadir un índice temporal a ese enunciado y hablar mejor de $(\text{IV})_t$ en lugar de (IV). (Por supuesto que t, por ser un tiempo histórico y no físico, puede tomarse como discreto). Quien prefiera el lenguaje de (III) puede "traducir" (IV) a ese lenguaje, tarea rutinaria que dejamos al lector. De cualquier modo,

[4] Se permite que todas o algunas de las condiciones de ligadura nomológicas sean vacías, esto es, tautológicamente verdaderas.

más adelante proporcionaremos una "traducción" simplificada de (IV) al lenguaje de la teoría de los conjuntos.

Si comparamos la concepción de Ramsey de las teorías físicas con la concepción de Sneed, nos percataremos de que existen tres diferencias fundamentales:

1) La primera consiste en substituir "puede" por "tiene que" [*must*] al valorar los servicios prestados por enunciados que, empezando por (II), suprimen toda mención de términos teóricos por medio de cuantificaciones existenciales. Según la concepción corriente de Ramsey, el contenido empírico de una teoría *puede* ser expresado con ayuda de un enunciado que tenga la estructura (II). Para Sneed, ese contenido empírico *tiene que* ser expresado por medio de un enunciado en el cual los términos teóricos sean eliminados por medio de cuantificaciones. Para Sneed no parece haber otro camino, al menos mientras tratemos de formular aserciones *empíricas*. La razón de esto es el simple hecho de que *un enunciado de tipo (I) no puede ser un enunciado empírico si incluye términos T-teóricos*. Por tanto, en cierto sentido solamente enunciados de tipo (II), (III) o (IV) nos dicen *lo que los físicos en verdad quieren decir* cuando tratan de hacer aserciones empíricas.

Sólo por razones de completitud mencionamos esta diferencia entre la concepción usual de Ramsey y la interpretación que Sneed hace del enunciado de Ramsey. Tal diferencia no juega ningún papel esencial en lo que sigue.

2) La segunda diferencia se ve reflejada por la transición de la "versión ingenua" del enunciado de Ramsey (II) a la "versión más elaborada" (IV). Recordemos que, en contraste con (II), en (IV) la aplicación que uno se propone hacer de la teoría no consiste en un solo modelo posible parcial, sino en un *conjunto* de tales modelos.[5]

3) La tercera diferencia, que hasta ahora no ha sido discutida, es cuando menos de igual importancia y puede resumirse *grosso modo* de la siguiente manera: *una aserción empírica hecha con base en una teoría*, esto es, una aserción del tipo (IV), *no debe ser identificada con la teoría misma*. Abundaremos un poco sobre este punto porque el entenderlo adecuadamente nos abrirá el camino hacia una nueva concepción de las teorías, *la concepción no enunciativa* o, positivamente caracterizada, *la concepción estructuralisita de las teorías*.

Antes de entrar en esa discusión deberíamos *subrayar* una vez más que, aunque las siguientes observaciones se apoyaran en gran medida en las tres modificaciones de la concepción original de Ramsey mencionada en (2), el punto enfatizado en (1) no será incorporado en las consideraciones que apa-

[5] No debería pasarse por alto el hecho de que los elementos de una aplicación que se propone uno hacer de una teoría no son simplemente dominios de individuos, sino *dominios de individuos junto con funciones no-teóricas*.

recen en el resto del presente trabajo. Esto significa que no se pedirá al lector que acepte el criterio de Sneed sobre la propiedad de lo *T*-teórico. Ya sea que el lector crea que alguna de las concepciones corrientes sobre lo teórico es satisfactoria, o bien que el criterio de Sneed es objetable y debiera ser substituido por uno mejor, en ambos casos puede usar *su propio* método para distinguir los términos teóricos de los no-teóricos siempre que aparezca esa dicotomía.

Parecen ser necesarias algunas palabras aclaratorias adicionales. Las distinciones conceptuales que hemos de hacer a continuación, pueden ser también consideradas como pasos preparatorios para una reconstrucción racional de algunos aspectos importantes de los conceptos de T. S. Kuhn de *ciencia normal* y *revolución científica.* Sin embargo, tales distinciones de ningún modo serán hechas *para dar* una nueva interpretación *de la obra de Kuhn,* sino que están motivadas de un modo enteramenete independiente. Solamente al final de la exposición sistemática daremos, a manera de resultado marginal, un bosquejo interpretativo de algunos aspectos de lo que se ha dado en llamar "Kuhnianismo" sobre la base de los resultados obtenidos. Esta advertencia se dirige sólo a aquellos lectores que, malentendiendo la perspectiva del presente trabajo, se sientan inclinados a pensar que la discusión que sigue emana de una "interpretación hermenéutica de los trabajos de Kuhn".

Veamos primero por qué sería inadecuado *identificar* la teoría *T* con una aserción del tipo (IV). Una decisión en favor de esta identificación tendría las siguientes consecuencias: si cambiase el ámbito de aplicaciones que se propone uno hacer de la teoría, esto es, si la **b** de (IV) se aumentara o se disminuyera en lo más mínimo, entonces tendríamos que decir *que la teoría misma ha cambiado;* sin embargo, lo que realmente diríamos en ese caso es que *el ámbito de aplicación de la teoría ha cambiado, en tanto que la teoría misma ha permanecido constante.* De modo similar, si una ley especial en una aplicación particular de la teoría fuera remplazada por otra (o ligeramente mejorada o bien abandonada), ello tendría que contar como un *cambio en toda la teoría.* Lo mismo ocurriría con respecto a todo cambio en las condiciones nomológicas de ligadura. Ese modo de hablar resultaría en extremo curioso. Así, por ejemplo, hablamos de los newtonianos a pesar de que no todos los científicos pertenecientes a ese grupo estaban de acuerdo con todas las distintas hipótesis defendidas por algunos de ellos. *Es posible cambiar leyes hipotéticas particulares y que la teoría permanezca constante.*

Puesto que toda hipótesis empírica hecha sobre la base de una teoría de la física matemática tiene la forma (IV), parece haber sólo una perspectiva que dé cuenta de la distinción entre teorías y sus aserciones empíricas. A saber, dentro de (IV) tenemos que tratar de separar los componentes inestables de los relativamente estables. Hablamos de los *relativamente* estables en lugar de hablar de los estables *a priori* (o de los *estables en un sentido absoluto* de la palabara) porque la noción de estabilidad es relativa a una teoría dada. Los componentes estables son aquellos en los cuales un cambio nos forzaría a decir que la teoría misma ha cambiado.

Los componentes *relativamente estables* envueltos en (IV) son los siguientes: [6] el conjunto de *modelos* M, el cual refleja conjuntistamente la ley fundamental de la teoría, el conjunto de *modelos posibles* M_p, el conjunto de *modelos posibles parciales* M_{pp} y las condiciones de ligadura generales [*general constraints*] C.[7] Los componentes *relativamente inestables* son: el conjunto de *leyes especiales* L [8] y el conjunto de condiciones de ligadura nomológicas [*law constraints*] C_L.

Sneed ha mostrado cómo pueden ser usados los conceptos anteriores para definir ciertas subestructuras de una teoría. Fundamentalmente por dos razones lo seguiremos hasta cierto punto: en primer lugar, necesitaremos esos conceptos en las dos siguientes secciones y, en segundo lugar, formularemos un *analogon* de (IV), puramente conjuntista, que tenga la forma de una *proposición atómica,* la cual facilitará algunas formulaciones y aclarará todavía más el concepto de una aserción empírica hecha con ayuda de una teoría.

Podemos omitir la definición explícita de la estructura formal que debe tener un conjunto M_p para fungir como un conjunto de modelos posibles de una teoría. Sin embargo, necesitaremos el siguiente rasgo de esa entidad, llamada *marco para una teoría*: M_p es un conjunto de n-tuplos que consisten en uno o varios universos de individuos, seguidos por una secuencia de funciones no-teóricas, a la cual sigue una secuencia de funciones teóricas, teniendo cada función uno de los universos mencionados como dominio. La función r que aparece en el próximo concepto es una función que conecta cada elemento de M_p con su elemento "correspondiente" en M_{pp} mediante la sola eliminación de todas las funciones teóricas.

Diremos que K es un *núcleo estructural de una teoría* o que $SC(K)$ si y sólo si K es un quíntuplo $\langle M_p, M_{pp}, r, M, C\rangle$ tal que M_p es un marco para una teoría, M_{pp} es el conjunto de los valores que r asigna a los elementos de

[6] A partir de ahora sólo se usarán conceptos conjuntistas (informales). En adelante omitiremos los índices que se refieran, ya sea a una entidad intuitiva como una teoría en el sentido presistemático, o a una entidad lingüística como un predicado expresando una estructura matemática.

[7] La razón para incluir las condiciones de ligadura generales, es decir, aquellas que "interconectan" en cruz *todas* las aplicaciones que uno se propone hacer de la teoría, puede ser ejemplificada por el concepto newtoniano de *masa*: de una persona, originalmente llamada un newtoniano, que decidió usar una función de masa *no-extensiva,* cambiando con ello una condición de ligadura general, diríamos ciertamente que ha cambiado la *teoría* newtoniana por una nueva y no solamente que ha substituido una particular hipótesis *dentro de* la teoría newtoniana por otra.

[8] Éste es el conjunto que tiene como elementos las extensiones de los predicados que aparecen en (IV), formados a partir de "S" con ayuda de índices superiores.

M_p, M es un subconjunto de M_p y C es un conjunto de condiciones de ligadura para M (en el sentido definido más abajo en III).

Dado un núcleo estructural K, *la clase A de conjuntos de posibles aplicaciones* de una teoría con ese núcleo estructural puede ser definido por $A = \bar{R}\,(Po(M) \cap C)$, donde "$Po$" designa la operación de conjunto potencia y $\bar{R}$ es la función que opera "dos niveles más arriba" que r, esto es, tomando como argumento clases de conjuntos de elementos del dominio de r y teniendo valores correspondientes. Podemos concebir a A como el resultado de la aplicación de la función $\mathscr{A}$ sobre K esto es, $A = \mathscr{A}\,(K)$. Obviamente, A es la extensión de un predicado obtenido de (III) mediante la substitución de una variable por "**b**".

Además, diremos que E es un *núcleo estructural expandido en una teoría* o $ES(E)$ si y sólo si E es un óctuplo $\langle M_p, M_{pp}, r, M, C, L, C_L, \alpha\rangle$ tal que:

1) el quíntuplo integrado por los primeros cinco miembros es el núcleo estructural para una teoría;

2) L es una clase de subconjuntos de M_p, esto es, L es la clase de leyes especiales de la teoría;

3) C_L es el conjunto de condiciones de ligadura especiales o condiciones de ligadura nomológicas de la teoría y

4) α es la relación de muchos a muchos que asigna cada ley a aquellas posibles aplicaciones, esto es, a aquellos elementos de M_{pp}, en las cuales se supone que valen esas leyes.[9]

Si $SC(K)$, entonces llamamos a E una *expansión de K*, simbólicamente $Ex(E, K)$ si y sólo si $ES(E)$ y K es idéntico al quíntuplo formado por los cinco primeros miembros de K.

En analogía con la función $\mathscr{A}$, definida para núcleos estructurales como elementos, es posible dar una definición un poco más complicada de una función $\mathscr{A}_e$, aplicable a *expansiones* de núcleos estructurales para teorías, y que suministra para cada expansión E la clase A^* de conjuntos de posibles aplicaciones: $A^* = \mathscr{A}_e(E)$.[10]

Supóngase que un científico elige en el tiempo t el conjunto I_t de elementos de M_{pp} como el conjunto de aplicaciones que se propone hacer de su teoría.

Si E_t es la expansión de la teoría usada por él en el tiempo t, entonces la *aserción empírica* sostenida por nuestro científico en el momento t es el siguiente *enunciado teórico* en t:

(V) $\qquad I_t \in \mathscr{A}_e(E_t)$.

[9] En [*Theoriendynamik*], p. 131 se da una definición formal de α. La definición dada por Sneed en la página 180 de su obra no parece completamente correcta.

[10] La definición técnica de esta función $\mathscr{A}_e$ correspondería a la definición (D35) en la p. 181 de la obra de Sneed. En [*Theoriendynamik*], p. 133, se da una definición ligeramente distinta.

¿Cuál es la relación entre un enunciado teórico de este tipo y un enunciado Ramsey-Sneed como (IV)? La respuesta es muy simple: si se establecen las correspondencias apropiadas, entonces (V) *reproduce el contenido de* (IV) *en términos puramente conjuntistas.* Por supuesto que el índice "t" de (V) debe ser identificado con el índice temporal del cual dijimos con anterioridad que debería ser agregado a (IV). A continuación proporcionamos algunas indicaciones sobre las correspondencias que deben hacerse: la M de que hablamos ahora debe tomarse como la extensión del predicado anterior S, del cual dijimos que describe la estructura matemática de la teoría. M_p es la clase de modelos posibles y M_{pp} es la clase de modelos posibles parciales de ese predicado. La clase L de leyes debe tomarse como la clase de las extensiones de los predicados $S^1, \ldots, S^n$. Observaciones similares se aplican a las condiciones de ligadura generales y a las condiciones de ligadura nomológicas. Por lo que se refiere a la constante individual $\mathbf{b}$ de (IV), debemos concebirla como si designara nuestra entidad I_t, mientras que $\mathbf{b}_1, \ldots, \mathbf{b}_n$ designan subconjuntos apropiados de I_t.

Con estas observaciones concluimos nuestro bosquejo de las relaciones entre los diversos componentes estructurales de una teoría y las aserciones empíricas hechas sobre la base de esos componentes. No debería pasarse por alto que hasta ahora no se ha hecho ningún uso de algún concepto *formal* de teoría. El término "teoría" ha sido hasta ahora siempre un término *intuitivo* y, por tanto, *presistemático,* o bien se le ha dado un uso contextual con el propósito de designar *otro* concepto como el de "núcleo estructural" o "núcleo expandido".

Sneed introduce además el concepto de *teoría* como un par ordenado integrado por un núcleo estructural y el conjunto de aplicaciones que se propone uno hacer de él. Desafortunadamente, el segundo miembro hace de la versión de Sneed una entidad platónica difícil de entender. Probablemente haya otros filósofos, además del autor, que también tengan algunas dificultades en entender qué tipo de entidad es el conjunto de aplicaciones "verdaderas" de un núcleo dado. Apartándonos más o menos drásticamente del procedimiento de Sneed, introduciremos el concepto de *disponer de una teoría* sin hacer uso alguno del concepto mismo de *teoría.* Esto nos dará una base más realista para una reconstrucción lógica de los dos aspectos *dinámicos* de la evolución científica que han sido subrayados por T. S. Kuhn. Por este camino, y por diversos motivos, introduciremos un concepto de teoría de la física matemática que pueda ser llamado no-platónico o, al menos, menos platónico que el de Sneed.

Como es bien sabido, la idea de una *"ciencia normal"* en el sentido de Kuhn ha sido objeto de violentos ataques por parte de muchos filósofos. La crítica más severa proviene probablemente de Popper. En su trabajo "Ciencia Normal y sus Peligros" (véase la Bibliografía al final) hace notar Popper que el científico "normal" es "una persona por la cual deberíamos sentir pena" (p. 52) porque, como "una víctima de indoctrinación" se ha convertido en un hombre incapaz de pensamiento crítico. El científico normal es una persona que "ha sido educada en el espíritu dogmático" y que a su vez educa a sus discípulos en el mismo espíritu. Por ello, según Popper, la posibilidad de que un científico se vuelva normal es un peligro para la ciencia y, más aún, un peligro para *nuestra civilización*. Al parecer, un gran número de filósofos han seguido a Popper al considerar de igual o parecida manera estos temas.

El autor de este trabajo cree que esta imagen de la ciencia normal se basa en el más completo malentendido. Sin embargo, resulta comprensible que la obra de Kuhn haya producido esa imagen en la mente de sus lectores. Al mismo tiempo, nos parece que el grado de propagación de dicha imagen constituye una especie de prueba de la necesidad de una *reconstrucción racional* del concepto de ciencia normal.

Si bien el citar ejemplos históricos, junto con análisis socio-psicológicos y metáforas, no nos puede proporcionar una comprensión de ese fenómeno como una *empresa racional*, una reconstrucción lógica *sí lo puede* hacer.

El título de la siguiente sección fue escogido teniendo en mente los particulares peligros de la "ciencia normal" mencionados por Popper.

II. CIENCIA NORMAL SIN PELIGROS

El predicado con dos argumentos "*Phys*(I, K)" significa: "I es un conjunto de sistemas físicos con respecto a K." Dejaremos abierta la cuestión de si existen condiciones suficientes y necesarias para ser un sistema físico. En todo caso, se requiere, en primer lugar, que el conjunto I sea *un subconjunto del segundo miembro* de K (es decir, de M_{pp}) y, en segundo lugar, que cualquier par de dominios de los elementos de I esté siempre *conectado* por una serie finita de dominios de I, de modo tal que, la intersección de cada dominio con su sucesor inmediato no esté vacía.

A continuación definimos el concepto "*L es un marco lógico-empírico para una teoría de la física matemática*":

$$LEF(L) \text{ si y sólo si } \bigvee K \bigvee A\, [L = \langle K, A\rangle \wedge SC(K) \wedge A = \mathscr{A}(K)].$$

A continuación deseamos definir lo que significa para una persona (o para un grupo de personas) disponer de una teoría de la física matemática o usar o poseer tal teoría. Como ya hemos mencionado, el procedimiento de Sneed se reduce a algo como esto: se introduce primero el concepto de teoría, usando I a manera de una entidad platónica; como segundo paso introduce Sneed el concepto que nosotros tratamos de definir ahora. La desviación más radical respecto de este platonismo consistiría en definir inmediatamente el concepto deseado sin definir primero el concepto de teoría. Esto es justamente lo que trataremos ahora de hacer.

Usamos "p" como variable para personas (es decir, para los miembros de una comunidad científica), "t" como variable para intervalos de tiempo y "E_t" como variable para núcleos estructurales expandidos usados en t. Además haremos uso de frases indefinidas como las siguientes: "cree en t que" y "tiene en t pruebas de". "p sabe en t que X" es una abreviatura de "p cree en t que X y p tiene en t pruebas de que X".

(D1) *Dispone* $_w(p, t, L)$ (con el significado de "en sentido débil p dispone en t de una teoría con el marco lógico-empírico L") si y sólo si

$$\bigvee K \bigvee A \{[L = \langle K, A\rangle \wedge LEF(L)] \wedge \bigvee E_t [Ex(E_t, K) \wedge$$

p sabe en t que

$$\bigvee I_t, Phys(I_t, K) \wedge I_t \in \mathcal{A}_e(E_t) \wedge$$

p cree en t que

$$\bigvee E^*(Ex(E^*, K) \wedge I_t \in \mathcal{A}_e(E^*) \wedge \mathcal{A}_e(E^*) \subseteq \mathcal{A}_e(E_t))$$ [11]

$\wedge$ p sabe en t que

$$\bigwedge I'(Phys(I', K) \wedge I' \in \mathcal{A}_e(E_t)) \rightarrow I' \subseteq I_t$$

$\wedge$ p sabe en t que para todas las expansiones E' de K conocidas por él en t

$$(I_t \in \mathcal{A}_e(E') \rightarrow \mathcal{A}_e(E_t) \subseteq \mathcal{A}_e(E'))]\}.$$

(Recuérdense los significados de A, $\mathcal{A}$, A^*, $\mathcal{A}_e$: A es la clase de conjuntos de aplicaciones posibles de una teoría que tenga K como núcleo estructural; los elementos de A son conjuntos de modelos que satisfacen todas las condiciones de ligadura; la función $\mathcal{A}$ tiene el valor A si K es el argumento. La función $\mathcal{A}_e$ tiene el valor A^* si la expansión E_t de K es el argumento; por tanto, es la clase de conjuntos de aplicaciones posibles de ese núcleo expandido E_t.)

Los últimos dos miembros de la fórmula aseguran (1) que entre los posibles candidatos para el conjunto de aplicaciones que uno se propone hacer

[11] Este miembro expresa lo que podría llamarse *la creencia en el progreso dentro de la ciencia normal,* es decir, *la creencia en el progreso científico sin revoluciones.*

de la teoría, p ha elegido al conjunto más grande que conoce y al cual se le puede aplicar el núcleo expandido E_t, y (2) que, por otra parte, p ha usado el núcleo expandido más estricto que, a su saber, se puede aplicar a I_t.

En la fórmula anterior no aparece ningún símbolo especial que haga referencia a una teoría. *La teoría, por así decirlo, "cobra existencia" sólo en virtud de la existencia de personas que disponen de ella.*

Ahora tenemos que buscar un concepto de disponer de una teoría *en el sentido fuerte* de la expresión. Propondremos este concepto como *explicatum* de la noción kuhniana de *ciencia normal.*

Primero tenemos que considerar el concepto de paradigma. Mientras que Kuhn —por razones que no son por ahora de interés para nosotros— prefiere usar ese concepto para *todos* los aspectos de la formación de las teorías, nosotros sólo lo usaremos para una "parte infinitesimal" de esos aspectos, a saber, para *el conjunto de aplicaciones que uno se propone hacer de una teoría.*

Este punto es relevante porque nos habrá de forzar a apartarnos en otro aspecto importante del modo tradicional de pensar acerca de las teorías. Cuando los lógicos hablan de la interpretación de una teoría formal, los lógicos usan expresiones tales como "dominio de individuos" o "ámbito de aplicación" suponiendo que el dominio está dado extensionalmente, es decir, que es la extensión de un predicado conocido. Pero, ¿el ámbito de aplicación de una teoría empírica está *dado extensionalmente*? Dejando abierta la cuestión con relación a teorías empíricas en general, podemos decir con certeza que ese no es el caso *normal* para una teoría *física.* Normalmente, el ámbito de aplicación de una teoría física está dado de un modo no extensional, esto es, por medio de ejemplos paradigmáticos. Tratemos de formular los rasgos fundamentales de ese *método de los ejemplos paradigmáticos,* usando para ello el famoso ejemplo de Wittgenstein del juego como paradigma:

1) El concepto de juego no es introducido con ayuda de condiciones necesarias y suficientes para pertenecer al conjunto G de los juegos. En lugar de ello, se introduce primero un *subconjunto propio* G_0 de G como *lista mínima* de juegos. Los miembros de G_0 están dados por medio de una *enumeración finita.* Ellos constituyen los *casos paradigmáticos* de juegos.

2) Está prohibido retirar un elemento de G_0 del conjunto G, es decir, en ningún caso nos rehusaremos a llamar juego a un elemento de G_0.

3) Los elementos de G_0 pueden tener un número finito de características comunes. Independientemente de que las tengan o no —y, en caso de que las tengan, de que las conozcamos o no— esas características forman a lo mucho una condición necesaria, pero *no una condición suficiente* para pertenecer a G.

4) La condición suficiente para pertenecer a G contiene *irremediablemente una vaguedad,* a saber: para pertenecer al conjunto diferencia $G - G_0$,

un objeto tiene que tener un número "significativo" de propiedades en común con "casi todos" los elementos de G_0.

5) Podemos inclusive especificar el sentido en que esa vaguedad es irremediable: aunque *para cada miembro en especial* de $G - G_0$ podemos dar una lista de propiedades que ese elemento tiene en común con casi todos los elementos de G_0, no podemos dar *ninguna lista finita que consista en listas de propiedades* tales que la calidad de miembro de G esté garantizada para un individuo que tenga todas las características de una de esas listas.

Tomemos ahora la física de Newton. Ésta parece ser un caso típico en donde el método de los ejemplos paradigmáticos funciona. A la pregunta ¿cuál es el ámbito de esta teoría? responderíamos dando la clase N_0 consistente en: el conjunto del sistema solar y algunos subsistemas del mismo (Tierra-Luna, Júpiter-las lunas de Júpiter), el conjunto de los péndulos, el conjunto de las mareas, el conjunto consistente en la extensión del predicado "ser una caída libre cerca de la superficie de la Tierra".

En general llamaremos I_0 al conjunto de ejemplos paradigmáticos de aplicación de una teoría. Éste es siempre un conjunto fijo desde el principio, esto es, desde el momento en que la teoría surge. Por contraste, I_t es el conjunto *considerado en el tiempo t como el ámbito de aplicación de la teoría.* Ese conjunto está *abierto* en el sentido de que, entre el momento $t - 1$ y t, puede ser aumentado por adición a I_{t-1}, o bien disminuido al quitar algún elemento del conjunto $I_{t-1} - I_0$.

La vaguedad relativa a las condiciones para pertenecer al conjunto $I_t - I_0$ puede ser superada mediante lo que se llamaría la *regla de autodeterminación* del ámbito de aplicación. Aunque a primera vista parezca una especie de autoverificación, no lo es. *Grosso modo,* lo que dice es lo siguiente: *"dejemos que la teoría misma decida lo que pertenece a ese conjunto".* (Una exposición más detallada de esta regla se encontrará en [Theoriendynamik], pp. 224-231.)

Hemos llegado ahora a un punto en que podemos introducir un concepto de disponer de una teoría en sentido fuerte. Podemos simplificar la definición mediante la introducción de la siguiente abreviatura: "$Par(p, t, I, L)$" por "$\bigvee K \bigvee A(L = \langle K, A\rangle \wedge SC(K) \wedge A = \mathscr{A}(K) \wedge p$ sabe que $I \in \mathscr{A}(K) \wedge p$ elige en t el conjunto I como conjunto paradigmático de aplicación de cualquier teoría de la física matemática con el marco lógico-empírico L".

(D2) $Dispone_{st}(p, t, L, L_0)$ (léase "*en sentido fuerte p dispone en t de una teoría con el marco lógico-empírico L y el conjunto paradigmático de aplicación I_0*") si y sólo si

$$\bigvee K \bigvee A \ \{[L = \langle K, A\rangle \wedge LEF(L)] \wedge \bigvee E_t(Ex(E_t, K) \wedge$$

p sabe en t que

$$\bigvee I_t\,[Phys(I_t, K) \wedge I_0 \subseteq I_t \wedge I_t \in \mathscr{A}_e(E_t) \wedge \bigvee p_0 \bigvee t_0 \bigvee E_0$$
$$(Par(p_0, t_0, I_0, L) \wedge Ex(E_0, K) \wedge$$

p_0 sabe en t_0 que

$$I_0 \in \mathscr{A}_e(E_0)) \wedge Par(p, t, I_0, L) \wedge$$

p sabe en t que $I_0 \subseteq I_t \wedge p$ sabe en t que

$$\bigwedge I' \,(Phys(I', K) \wedge I' \in \mathscr{A}_e(E_t) \rightarrow I_0 \subseteq I_t) \wedge p \text{ sabe en } t \text{ que}$$

de todas las E' con $Ex(E', K)$ conocidas por él en t

$$(I_t \in \mathscr{A}_e(E') \rightarrow \mathscr{A}_e(E_t) \subseteq \mathscr{A}_e(E'))])\}.$$

Las diferencias decisivas entre el concepto fuerte y débil de usar una teoría de la física matemática son las siguientes:

1) Sólo en el primer caso el origen histórico de la teoría es incluido como parte del concepto de disponer de una teoría, mencionando para ello al fundador p_0 de la teoría; 2) sólo en el caso del sentido fuerte se hace uso del conjunto I_0 de ejemplos paradigmáticos de aplicaciones introducido por el fundador p_0 de la teoría; 3) además, la decisión de p de "heredar" ese conjunto particular I_0 como el conjunto de paradigmas es incorporado en la definición.

Se podría optar por un procedimiento intermedio entre el que acabamos de esbozar y el que anteriormente llamamos el platonismo de Sneed. Tal procedimiento intermedio consistiría, primero, en introducir un concepto menos platónico de teoría y, segundo, en usar ese concepto para modificar (D1) y (D2). Sólo esbozaré las ideas básicas de dicha modificación, dejando los detalles técnicos al lector.

Entendamos primero por una *teoría potencial* (de la física matemática) un marco lógico-empírico L que *puede ser llenado* por una clase apropiada de sistemas físicos, esto es, un marco lógico-empírico L para el cual *existe* una clase I con $Phys(I, K)$, donde K es el núcleo estructural de L y $I \in \mathscr{A}(K)$. Una teoría potencial es llamada una *teoría* T si, además, puede ser expandida con éxito de una manera no trivial, esto es, si

$$\bigvee E(Ex(E, K) \wedge E \neq \phi \wedge I \in \mathscr{A}_e(E)).$$

Es posible usar un concepto de teoría en sentido fuerte o en sentido débil según se incluya o no el conjunto I_0 de aplicaciones paradigmáticas como parte del concepto. Introduciendo "*Found* (p, T)" como abreviatura de "p es el fundador de la teoría T" obtenemos $Teoria_{st}(T)$ (léase "T es una teoría en sentido fuerte") si y sólo si

$$\bigvee K \bigvee A \{T = \langle K, A\rangle \wedge LEF(T) \wedge \bigvee I[Phys(I, K) \wedge \wedge \bigvee p_0 \bigvee t_0 \bigvee I_0 (Par(p_0, t_0, I_0, T) \wedge Found(p_0, T) \wedge \wedge I_0 \subseteq I) \wedge \bigvee E(Ex(E, K) \wedge E \neq \phi \wedge I \in \mathcal{A}_e(E))]\}.$$

Los cambios por hacerse en las definiciones (D1) y (D2) consisten en substituir "L" por "T", siendo T una teoría en sentido débil o en sentido fuerte, según el caso. Puesto que hemos ya explicitado la teoría misma, podemos usar ahora el artículo determinado en lugar del artículo indeterminado al leer los predicados. Así, por ejemplo, leemos $Avail_w(p, t, T)$ como "p dispone en t de *la* teoría T".

Aunque no cambiáramos la definición original de disponer de una teoría, el concepto de teoría podría ser útil para otros fines, por ejemplo, para aclarar ciertos aspectos de la concepción "popperiana" de la ciencia. Bastará con dar aquí un solo ejemplo: si usamos ambas clases de conceptos, esto es, los conceptos de las definiciones originales (D1) y (D2) y, además, los conceptos de teoría, podemos decir que p dispone *prometedoramente* de una teoría si el marco lógico-empírico L que use puede ser llenado de modo tal que se convierta en una teoría T. p dispone *correctamente* de una teoría si el I que use en sus suposiciones es *idéntico a* uno de los conjuntos "*objetivos*" I usados para transformar el *marco* lógico-empírico de una teoría en una *teoría*.

Lakatos hizo alguna vez notar que es posible que ocurra una tragedia científica consistente en la disminución de verosimilitud de una teoría que ha sido mejor corroborada con éxito. Si aceptamos el concepto de corroboración, pero rechazamos el concepto metafísico de verosimilitud, podemos tratar de explicar de la siguiente manera lo que Lakatos realmente quiso decir: p dispone en t de una teoría *trágicamente* si y sólo si p dispone en t de una teoría corroborada pero el marco lógico-empírico que use no puede ser llenado de tal manera que se convierta en una teoría. Podemos reforzar esto diciendo que p dispone en t *muy trágicamente* de una teoría corroborada si L ni siquiera es una teoría potencial en sentido débil.

Kuhn ha sido con mucha frecuencia llamado un *subjetivista* por sus críticos. Lo que los filósofos que mantienen eso *realmente quieren decir* puede quizás ser explicitado con ayuda del siguiente predicado: un filósofo x ha de ser llamado subjetivista (en el presente contexto) si y sólo si x usa el concepto de *disponer de una teoría* pero rechaza el concepto de *una teoría*. Ésta es exactamente la posición que acabamos de mencionar, según la cual una teoría se origina sólo en virtud de que existen personas que disponen de ella. Mientras que no parece haber ninguna objeción básica contra este tipo de "subjetivismo", para la discusión en III adoptaremos la concepción "objetiva", usando la concepción estructuralista de una teoría. Esta decisión será tomada sólo en virtud de que la concepción objetiva parece constituir un mejor punto de partida para el esclarecimiento de algunos aspectos de los problemas relativos a la inmunidad de las teorías y al fenómeno de suplantación inmediata de teorías por otras teorías rivales.

Para concluir esta sección enfaticemos los siguientes puntos:

1) El disponer de una teoría en alguno de los sentidos apuntados en ningún caso significa algo similar a "mantener creencias en determinados enunciados" o "aceptar determinadas hipótesis". *Personas que pertenezcan a una misma tradición científica o dispongan todas de una misma teoría pueden al mismo tiempo aceptar hipótesis diferentes y hasta conflictivas entre sí.* Aunque todas esas personas tienen que coincidir en la creencia de que un mismo núcleo estructural K puede ser expandido con éxito con respecto a una clase que incluya I_0, no necesitan estar de acuerdo en *qué expansión E en especial* tendrá éxito.

2) Si reconstruimos el concepto de ciencia normal del modo que hemos sugerido, entonces podemos afirmar que *en el comportamiento de un científico normal no necesita haber ningún rasgo de irracionalidad.* Todas sus creencias pueden estar bien fundadas y todas las hipótesis que use pueden estar "bien corroboradas", sea cual fuere el significado de esto último.

Sin embargo, para Popper y sus partidarios la racionalidad científica está íntimamente conectada con conceptos tales como falsificabilidad y vulnerabilidad. Los problemas en conexión con esos conceptos nos conducen directamente a la sección final del presente trabajo.

III. SUPLANTACIÓN DE TEORÍAS SIN FALSIFICACIÓN

Para fijar nuestras ideas convengamos primero en usar el concepto "objetivo" de teoría. Supongamos, además, que una teoría de la prueba (o una combinación de una teoría de la corroboración o confirmación y una teoría de la prueba de hipótesis) está a la mano y que, entre otras cosas, permite hablar sobre refutación o falsificación de hipótesis. Para muchos filósofos de la ciencia la siguiente cuestión es fundamental: *¿es falsificable una teoría?* La respuesta correcta a esta pregunta es necesariamente que, en rigor, esa cuestión carece de sentido. La razón es simplemente que en el sentido que nosotros damos a la palabra, *una teoría no es el tipo de entidad de la cual se puede razonablemente decir que es falsificada o refutada.* Por tanto, nuestro problema se reduce a la cuestión de si sería recomendable *generalizar* conceptos como el concepto de falsificación de modo que se puedan aplicar no sólo a hipótesis sino también a teorías.

La respuesta es negativa. Abundemos un poco más sobre este punto. Para muchos críticos de Kuhn, uno de los aspectos más sorpresivos de su obra es el énfasis que da a la inmunidad de una teoría con respecto a datos empíricos "recalcitrantes". Una teoría, empero, sí *es* realmente empíricamente inmune en diversos aspectos:

1) Primero, supóngase que se hace una aserción empírica con ayuda de una teoría T. Esa aserción es una hipótesis empírica. (La hipótesis tiene la forma de un enunciado Ramsey-Sneed, pero por el momento podemos olvidar esa forma particular.) Supongamos que esta hipótesis es refutada. Podemos fácilmente ver que esa refutación no tiene ningún impacto inmediato sobre la teoría. Todo lo que podemos decir es esto: una persona que emitió esa particular aserción empírica falló en su intento de expander con éxito el núcleo estructural de una teoría. Esto, por supuesto, no demuestra que el núcleo no pueda ser expandido con éxito. *Puesto que el número de posibles expansiones de un núcleo estructural dado es potencialmente infinito, ningún número finito de fracasos demuestra que la teoría tiene que ser abandonada.* Puede haber todavía otra expansión, aún no descubierta, que podría tener éxito si fuese usada. En particular, en los casos en que la teoría haya sido expandida con éxito en el pasado, en caso de tener fracasos siempre culparemos primero *al científico que dispone de la teoría* y no *a la teoría misma.* Ésta es una interpretación obvia de la observación de Kuhn en el sentido de que un científico que en tal situación abandona su teoría se comporta como un "pobre carpintero que culpa a sus instrumentos".[12]

2) Existe una segunda inmunidad. Es más débil que la primera en el sentido de que su ámbito de aplicación está restringido a los elementos de $I_t - I_0$ para todo tiempo t. Sin embargo, es más fuerte que la primera en el siguiente aspecto: aunque toda una generación de científicos fallase en sus intentos de aplicar correctamente la teoría a un elemento a de ese conjunto, llegando finalmente todos juntos a la conclusión unánime de que *no existe ninguna expansión,* no estarían forzados por ello a abandonar la teoría. En lugar de abandonarla pueden todavía decidirse a aplicar la regla de autodeterminación y a expulsar el sistema a de la clase $I_t - I_0$. Así pues, vemos que esa regla da a la teoría una *inmunidad completa* en su ámbito de aplicación inclusive en el caso de un *fracaso total.*

3) El último punto se refiere a la *ley fundamental* que figura en el núcleo estructural de la teoría. ¿No es al menos *esta* ley empíricamente refutable? *Si* la concepción de Sneed acerca de la teoricidad resultara adecuada, entonces ciertamente *no* lo es; la ley fundamental de una teoría T necesariamente contiene cantidades T-teóricas cuya medición no es posible efectuar de un modo T-independiente. Por tanto, en principio, en caso de conflicto entre esa ley y una medición, siempre tenemos la opción de culpar a la me-

[12] [*Revolutions*], pp. 79, 80.

dición y no a la teoría. Ésta es, digámoslo de paso, la razón más profunda de la irrefutabilidad de la segunda ley de Newton.[13]

Por supuesto que existe una laguna irracional en la explicación que Kuhn da de las revoluciones científicas. Sin embargo, todos aquellos filósofos que exigen un "punto crítico" donde debe abandonarse la teoría localizan equivocadamente esa laguna. *No existe tal punto crítico.* Reconocer este hecho no es una cuestión de prueba lógica, sino una evidencia psicológica elemental. Sneed, por ejemplo, expresa ésta evidencia en la última página de su obra de la siguiente manera: así como un remo roto es mejor que ninguno, no tiramos una teoría mientras no tengamos una mejor.

Esta perogrullada psicológica evita también una falsa localización de esa laguna irracional. No constituye ninguna ayuda para llenar esa laguna una vez que ha sido correctamente localizada.

El verdadero problema es el siguiente: ¿cómo podemos distinguir entre cambios científicos *con* progreso y cambios científicos *sin* progreso? Esta pregunta queda sin respuesta en la obra de Kuhn.[14] La tesis de Kuhn y Feyerabend sobre la inconmensurabilidad parece más bien subrayar la insolubilidad de este problema que dar una respuesta útil.

Sin embargo, un análisis más detenido revela fácilmente que dicha tesis de inconmensurabilidad *está reducida a una comparación de teorías dentro del marco de la concepción enunciativa de las teorías.* En la página 101 de [*Revolutions*], por ejemplo, Kuhn arguye que la derivación de la mecánica newtoniana a partir de la dinámica relativista como un caso límite de esta última es espuria porque los conceptos fundamentales como espacio, tiempo y masa han cambiado de significado. El aceptar esto no excluye todavía que la primera sea *reducible* a la segunda. La tesis de inconmensurabilidad sería compatible con la afirmación de la reducibilidad si la noción de reducción que se use está basada en una comparación de los rendimientos de las dos teorías más que en una comparación de los conceptos indefinidos y definidos de la teoría, reconstruyendo cada teoría como una clase de enunciados, y en la mutua derivabilidad de los teoremas.

Interpretando a Kuhn benevolentemente se podría decir que esto concuerda completamente con sus finalidades. Tal como se puede ver en las últimas páginas de su libro, lo que él realmente rechaza no es la noción de progreso científico racional *en cuanto tal, sino más bien las diversas metafísicas teleológicas* que van usualmente enlazadas al concepto de progreso

[13] Para un análisis detallado del status epistemológico de esta ley *cfr.* Sneed, [*Mathematical Physics*], pp. 150-153.

[14] *Cfr.* Kuhn, [*Revolutions*], p. 166: "Las revoluciones terminan con la victoria total de alguno de los dos campos en lucha. ¿Diría ese grupo que el resultado de su victoria ha sido algo menos que progreso?" Si Kuhn creyese que ésta es la última palabra que puede decirse sobre el progreso en la ciencia, entonces apenas podría afirmar que el "progreso" en la ciencia es más racional que cualquier cambio en el campo de la política.

racional. Una de esas concepciones teleológicas es la noción popperiana de creciente verosimilitud.[15]

El camino hacia una concepción razonable del progreso científico que, por una parte, sea metafísicamente neutral y que, por otra parte, supere la dificultad kuhniana de la inconmensurabilidad, fue indicado en principio ya hace mucho tiempo por E. W. Adams. La idea básica es la siguiente: a fin de servir como teoría reductora para otra teoría T, una teoría T' debe satisfacer dos requisitos. En primer lugar debe haber una correspondencia entre el conjunto M_{pp} de modelos posibles parciales de T y el conjunto M'_{pp} de T' tal que para cada elemento x de M_{pp} exista un elemento $x' \in M'_{pp}$. x y x' son "los mismos objetos físicos" descritos de dos diversas maneras. Normalmente la correspondencia será de uno a muchos porque T' será capaz de señalar diferencias que T no señala. En otras palabras, a un mismo *estado de cosas* descrito con ayuda de T, corresponderán en general varios estados de cosas descritos con ayuda de T'. En segundo lugar, todas las explicaciones, predicciones y otros tipos de sistematizaciones que con éxito se obtengan con ayuda de T, pueden ser "reproducidas" en T'. Traduciendo esto al lenguaje de las estructuras matemáticas, la condición puede formularse como sigue:

(a) Para todo x, si existe un x' que le corresponda y que tenga la estructura matemática de T', entonces x tiene la estructura matemática básica de T.

Dentro del marco conceptual de Sneed (a) tiene que ser substituida por:

(b) Si el conjunto X' (de sistemas físicos, esto es, de modelos posibles parciales) corresponde a un conjunto X, entonces $X' \in \mathscr{A}_e(E')$ sólo si $X \in \mathscr{A}_e(E)$.

En (b), al contrario de (a), se toman en consideración los siguientes 5 aspectos adicionales: (1) la distinción entre funciones *teóricas* y *no-teóricas*, (2) aplicaciones aisladas x y x' de una teoría son substituidas por *conjuntos* de aplicaciones X y X' que se propone uno hacer de la teoría, (3) la estructura matemática mencionada en (a) es reemplazada por un *núcleo estructural expandido* tal que, (4) por medio de *condiciones de ligadura* se puedan obtener interconexiones entre miembros de X y X' respectivamente, y (5) en algunos de los elementos de X y de X' puedan valer *leyes especiales* representadas por restricciones de la ley fundamental.

(b) todavía no resulta satisfactoria como base para una definición de una

[15] Esta noción es *teleológica* porque caracteriza el estado de progreso científico por medio de la *distancia de la verdad* como el *objetivo final* de la ciencia. Es *metafísica* porque, sea cual fuere la definición exacta que se diera de esta distancia, ciertamente nunca podríamos usarla como instrumento para valorar una hipótesis propuesta.

relación de reducción adecuada, principalmente por el hecho de que la relación entre los conceptos T-teóricos y los conceptos T'-teóricos no ha sido aún tomada en consideración. Aunque este problema conduce a ciertas complicaciones, puede muy bien ser resuelto.[16]

Por tanto, aceptemos que es posible introducir un concepto adecuado de reducción entre núcleos estructurales expandidos y, además, que sobre la base de ese concepto es posible definir una *relación de reducción entre teorías* adecuada. En estas circunstancias puede ser llenada fácilmente la laguna antes mencionada de racionalidad en la explicación de Kuhn acerca de las revoluciones científicas. Si en el curso de una revolución científica una teoría T_1 es suplantada por una teoría T_2, este proceso representa un *progreso científico* sólo si T_1 es reducible a T_2 pero T_2 no es reducible a T_1. Si se prefiere el alejamiento radical del "platonismo", consistente en aceptar (D2) pero abandonando el concepto de teoría, entonces lo que debe hacerse es substituir esta simple formulación por una más larga, usando para ello la relación de reducción entre *núcleos expandidos* mencionada en (D2).

Tanto la reducibilidad como la irreducibilidad pueden darse aunque ambas teorías sean inconmensurables en el sentido de Kuhn. En realidad el concepto de inconmensurabilidad en este sentido puede tomarse como parte del concepto mismo de revolución científica. *Una "revolución científica propiamente dicha" que represente un progreso científico consiste en la suplantación de una teoría T_1 por una teoría T_2, siendo* (1) *T_1* y *T_2 inconmensurables y* (2) *T_1 reducible a T_2 pero no viceversa.* Una aparente incompatibilidad entre (1) y (2) sólo podría surgir si se pasara por alto el hecho de que la relación de conmensurabilidad (y su negación) tiene que ser definida dentro del marco de la concepción enunciativa [*statement view*], mientras que los diversos conceptos de reducibilidad son parte de la concepción estructuralista de las teorías. No puede objetarse el uso de esas nociones *dentro de un mismo enunciado* mientras no se olvide la diferente genealogía de ambas familias de conceptos.

Se podría además exigir que el progreso *se reflejara epistémicamente. Grosso modo,* esto significaría que la transición de T_1 a T_2, además de *ser* un progreso, fuese *conocida como progreso* por las personas que disponen de la nueva teoría T_2. Este aspecto adicional puede ser incorporado al concepto de progreso científico aceptando una condición como la siguiente: (3) *existen expansiones logradas del núcleo estructural de T_2, esto es, de las cuales se sabe que están apoyadas por datos observacionales con relación a los cuales no existen correspondientes expansiones logradas del núcleo estructural de T_1.* Nos parece que al introducir la expresión un tanto equívoca de "falsificación

[16] Para detalles *cfr.* Sneed, [*Mathematical Physics*], p. 223 *ss.* Una versión simplificada se da en Stegmüller, [*Theoriendynamik*], pp. 148-151. Mencionamos a los lectores de Sneed que el texto está mutilado en las páginas 229 y 230.

refinada" [*sophisticated falsification*], lo que Lakatos en realidad tenía en mente era esta ***superioridad epistémica*** de una teoría que suplanta a otra en el curso del progreso científico, probablemente junto con un intento de llenar la laguna de racionalidad en la explicación de Kuhn, siguiendo en esto la misma línea que nosotros, es decir, por medio de un concepto de reducción de teorías.[17]

WOLFGANG STEGMÜLLER
(*Trad. de Armando Morones*)

UNIVERSIDAD DE MUNICH

[17] El concepto nuevo y más importante en las obras más recientes de Lakatos es este concepto de falsificación refinada y no su concepto de un programa de investigación. Contra lo que dice Lakatos, un programa de investigación *no* es una serie de teorías, sino una serie de *aserciones empíricas* hechas sobre la base de *una misma teoría*. Más bien puede considerarse, por tanto, como un caso particular de lo que Kuhn llama ciencia normal, incluyendo todas las clases de progreso dentro de una misma teoría que no estén acompañados por retrocesos (mientras que la "ciencia normal" incluye *todas* las clases de cambios de una teoría, progresos y retrocesos). El concepto de *falsificación refinada*, en cambio, es introducido como una *relación entre teorías*. Una prueba de la afirmación hecha en el texto se encontrará en [*Theoriendynamik*], p. 259*s*. Si esta afirmación es correcta, hubiera sido mejor si Lakatos, en lugar de decir "*T_1 es falsificada por T_2*", hubiera usado una expresión como "*T_1 es superada por T_2*". La superación puede ser entendida de un modo que incluya tanto a la reducción y a la "corroboración excesiva" como a la superioridad epistémica.

BIBLIOGRAFÍA

Diederich, W. (ed.), *Theorien der Wissenschaftsgeschichte. Beiträge zur diachronischen Wissenschaftstheorie*, Frankfurt a. Main, 1974.

Feigl, H., "The 'Orthodox' View of Theories: Remarks in Defense as well as Critique", en M. Radner y S. Winokur (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. IV: *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*, Minneapolis, 1970, pp. 3-16.

Feigl, H., "Research Programmes and Induction", *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Vol. III, 1973, pp. 147-150.

Feyerabend, P. K., "Das Problem der Existenz theoretischer Entitäten", en E. Topitsch (ed.), *Probleme der Wissenschaftstheorie. Festschrif für Victor Kraft*, Viena, 1960, pp. 35-72.

Feyerabend, P. K., "Problems of Empiricism", en R. G. Colodny (ed.), *Beyond the Edge of Certainty. Essays in Contemporary Science and Philosophy*, Englewood Cliffs, 1965, pp. 145-260.

Feyerabend, P. K., "Problems of Empiricism, Part II", en R. G. Colodny (ed.), *The Nature and Function of Scientific Theory: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, Pittsburgh, 1969, pp. 275-353.

Feyerabend, P. K., "Consolations for the Specialist", en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, 1970, pp. 197-230.

Feyerabend, P. K., "Against Method", en M. Radner y S. Winokur (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. IV: *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*, Minneapolis, 1970, pp. 17-130. Traducción española de F. Hernán, Arcil, Barcelona, 1974.

Hanson, N. R., *Patterns of Discovery*, Cambridge, 1958.

Hempel, C. G., "On the 'Standard Conception' of Scientific Theories", en M. Radner y S. Winokur (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. IV: *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*, Minneapolis, 1970, pp. 142-163.

Hempel, C. G., "The Meaning of Theoretical Terms: A Critique of the Standard Empiricist Construal", *en P. Suppes, L. Henkin, A. Joja y G. C. Moisil (eds.), Logic, Methodology and Philosophy of Science* IV. *Proceedings of the* 1971 *International Congress*, Bucarest 1971, Amsterdam (de próxima aparición).

Hübner, K., Reseña de T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Philosophische Rundschau, Año 15 (1968), pp. 185-195.

Koertge, N., "For and Against Method", Discusión de P. Feyerabend's [Against], *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 23, 1972, pp. 274-285.

Koertge, N., "Inter-Theoretic Criticism and the Growth of Science", en *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Vol. VIII, 1972, pp. 160-173.

Kordig, C. R., *The Justification of Scientific Change*, Dordrecht, Holanda, 1971.

Krüger, L., *Die systematische Bedeutung wissenschaftlicher Revolutionen. Pro und Contra Thomas Kuhn*, en Diederich, W. (ed.), Theorien der Wissenschaftsgeschichte, Frankfurt a. Main 1974, pp. 210-246.

Kuhn, T. S., *The Copernican Revolution*, Nueva York, 1957.

Kuhn, T. S., [Revolutions] *The Structure of Scientific Revolutions*, segunda edición, aumentada, Chicago, 1970.

Kuhn, T. S., "Logic of Discovery or Psychology of Research?" en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, 1970, pp. 1-23.

Kuhn, T. S., "Reflections on My Critics", en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, 1970, pp. 231-278.

Kuhn, T. S., "Notes on Lakatos", en *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Vol. VIII, 1972, pp. 137-146.

Lakatos, I., [Research Programmes] "Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes", en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, 1970, pp. 91-195.

Lakatos, I., "History of Science and Its Rational Reconstruction", en *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Vol. VIII, 1972, pp. 91-136.

Lakatos, I., "Replies to Critics", en *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Vol. VIII, 1972, pp. 174-182.
Masterman, M., "The Nature of a Paradigm", en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, 1970, pp. 59-89.
McKinsey, J. C. C., Sugar, A. C. y Suppes, P. C., "Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics", *Journal of Rational Mechanics and Analysis*, Vol. II, 1953, pp. 253-272.
Popper, K. R., *The Logic of Scientific Discovery*, Londres, 1959.
Popper, K. R., *Conjectures and Refutations*, tercera ed., Londres, 1969.
Popper, K. R., *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach*, Oxford, 1972.
Popper, K. R., [Dangers] "Normal Science and Its Dangers", en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, 1970, pp. 51-58.
Przelecki, M., "A Set Theoretic Versus a Model Theoretic Approach to the Logical Structure of Physical Theories". Comentarios sobre J. Sneed, *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Studia Logica, 1974, pp. 91-112.
Putnam, H., "What Theories are Not", en E. Nagel, P. Suppes y A. Tarski (eds.) *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Stanford, 1962, pp. 240-251.
Ramsey, F. P., "Theories", en *The Foundations of Mathematics*, segunda ed., Littlefield, N. J. 1960, pp. 212-236.
Scheffler, I., *Science and Subjectivity*, Nueva York, 1967.
Scheffler, I., "Vision and Revolution: A Postscript on Kuhn", *Philospohy of Science*, Vol. 39, 1972, pp. 366-374.
Shapere, D., Discusión sobre T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Philosophical Review, Vol. 73, 1964, pp. 383-394.
Shapere, D., "Meaning and Scientific Change", en R. G. Colodny (ed.), *Mind and Cosmos*, Pittsburgh, 1966, pp. 41-85.
Simon, H. A., "The Axioms of Newtonian Mechanics", *Philosophical Magazine*, Vol. 38, 1947, pp. 88-95.
Simon, H. A., "The Axiomatization of Classical Mechanics" en *Philosophy of Science*, Vol. 21, 1954, pp. 340-343.
Simon, H. A., "The Axiomatization of Physical Theories", en *Philosophy of Science*, Vol. 37, 1970, pp. 16-27.
Smart, J. J., "Science, History and Methodology", Discusión sobre I. Lakatos, "Research Programmes and History", *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 23, 1972, pp. 266-274.
Sneed, J. D., [Mathematical Physics] *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht, Holanda, 1971.
Stegmüller, W., *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*, Vol. II: *Theorie und Erfahrung*, Berlín-Heidelberg-Nueva York, 1970.
Stegmüller, W., "Das Problem der Induktion: Hume's Herausforderung und moderne Antworten", en H. Lenk (ed.), *Neue Aspekte der Wissenschaftstheorie*, Braunschweig, 1971, pp. 13-74.
Stegmüller, W., *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*, Vol. IV, *Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit*. Primera parte del volumen: *Personelle Wahrscheinlichkeit und rationale Entscheidung*. Segunda parte del volumen: *Statistiches Schließen — Statistische Begründung — Statistische Analyse*, Berlín-Heidelberg-Nueva York, 1973.
Stegmüller, W., [Theoriendynamik] *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*, Vol. II: *Theorie und Erfahrung*. Segunda parte del volumen: *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*, Berlín-Heidelberg-Nueva York, 1973.
Stegmüller, W., "Theoriendynamik und logisches Verständnis", en W. Diederich (ed.), *Theorien der Wissenschaftsgeschichte*, Frankfurt a. Main, 1974, pp. 167-209.
Stegmüller, W., *Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie*, quinta ed., Stuttgart, 1975, Vol. II, capítulo V.
Watkins, J., "Against 'Normal Science'", en I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge, 1970, pp. 25-37.