



.....

SOBRE LA CONCEPCIÓN ESTRUCTURALISTA DE LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA

José Luis Rolleri

Universidad Autónoma de Querétaro,
Querétaro, México

Resumen

En este artículo expongo la concepción estructuralista de la explicación científica como unificación, que se basa en la noción de una relación de incrustación (embedding) entre modelos, en las versiones de Barthelemy y Forge. Ellos mantienen además unas tesis realistas, ciertamente distintas, sobre el poder explicativo de las teorías. Concuerdo con tal enfoque modeloteórico pero disiento de sus tesis realistas. Primero presento unas críticas a ellas, después, desde una posición conceptualista, con menor compromiso ontológico, introduzco una tesis sobre ciertos patrones metateóricos que forman parte de los marcos conceptuales de las teorías físicas, los cuales aportan tanto poder explicativo como fuerza unificadora.

Palabras clave: *unificación; poder explicativo; patrones metateóricos; realismo; conceptualismo.*

Recibido: 15 de julio de 2018. Aprobado: 18 de agosto de 2018.

On the Structuralist View of Scientific Explanation

Abstract

In this paper I expose the structuralist view of explanation as unification, which is based on the notion of an embedding relationship between models, in its versions by Barthelborth and Forge. In addition, they maintain some different realistic theses about the explanatory power of theories. I agree with them on the model-theoretical approach but differ of their realistic theses. First, I present some criticism to those theses, and after, from a conceptualist stance, with less ontological commitment, I introduce a thesis about certain metatheoric patterns that are part of the conceptual frameworks of physical theories, which contribute to both explanatory power and unificatory force.

Keywords: *Unification; Explanatory Power; Metatheoric Patterns; Realism; Conceptualism.*

José Luis Rolleri: Profesor del Departamento de Filosofía de la Universidad de Querétaro. Su área de estudio e investigación es la Filosofía de la Ciencia. Sus publicaciones recientes fueron “La objetividad del azar en la evolución de las especies” (2017), “El carácter probabilista del principio de selección natural” (2016).

E-mail: jlrolleri@yahoo.com

SOBRE LA CONCEPCIÓN ESTRUCTURALISTA DE LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA

José Luis Rolleri

Universidad Autónoma de Querétaro,
Querétaro, México

Introducción

En este escrito me ocupo de la cuestión de la explicación científica desde la concepción unificacionalista de la misma en una versión estructuralista, y de las tesis realistas relacionadas sobre ciertos patrones nómicos postulados y las llamadas leyes naturales, que han ofrecido Thomas Bartelborth (2002) y John Forge (2002), respectivamente. Ellos, pues, han elaborado una propuesta de la explicación como unificación desde la concepción estructuralista, o estructuralismo metateórico, de la ciencia (véase Balzer, Moulines y Sneed, 1987). Aquí examinaré en líneas generales las propuestas de esos dos filósofos para después esbozar una posición conceptualista alternativa a sus posiciones realistas sobre la explicación científica.

El enfoque unificacionalista de la explicación científica fue originalmente propuesto por Michael Friedman (1974) y elaborado posteriormente por Philip Kitcher (1981). El núcleo de esta concepción de la explicación en ciencia fue avanzado concisamente por Herbert Feigl: “El propósito de la explicación científica a través de las épocas ha sido la unificación, i. e., la comprensión de un máximo de hechos y regularidades en términos de un mínimo de conceptos teóricos y suposiciones.”¹

¹ Citado por (Kitcher, 1981, p. 508) de (Feigl, 1970, p. 12).

Halonen y Hintikka han argumentado, contra Kitcher, que la unificación no es materia de explicación sino más bien de formación de teorías, en sus palabras: “La unificación es un importante desideratum de la formación de teorías, pero no juega ningún papel en el proceso efectivo de explicación en el sentido de explicar un explanandum dado.” (Halonen y Hintikka, 1999, p. 28). Considero que ellos están en lo correcto, en el sentido de que el poder unificador no se equipara a poder explicativo, por lo que persiste la cuestión, para cualquier propuesta de la explicación científica desde el enfoque unificacionista, de dar cuenta de cómo teorías unificadas como la mecánica clásica, la mecánica cuántica y la teoría de la evolución de las especies logran explicar los procesos dentro de sus respectivos dominios de aplicación.

178

El *locus* clásico, de obligada referencia, sobre el problema de la explicación científica es el artículo de C. G. Hempel y P. Oppenheim de 1948, “Studies in the Logic of Explanation”. Salmon considera que ese trabajo inauguró la etapa moderna de la investigación filosófica sobre el tema de la explicación científica (Salmon, 1989, p. 10). Esos filósofos presentan en ese *Studies* la concepción epistémica en su versión inferencial de la explicación en ciencia (Hempel y Oppenheim, 1948, p. 138) y anticipan lo que posteriormente Hempel (1979) elaboró como el modelo nomológico deductivo, en el cual explicar un fenómeno consiste en ofrecer un argumento deductivo cuya conclusión es un enunciado que describe ese fenómeno a explicar, y sus premisas son alguna ley científica más ciertos enunciados particulares, que refieren a condiciones específicas antecedentes, requeridos para llevar a cabo la inferencia deductiva.² Kitcher anota que Hempel sugiere la concepción unificacionista de la explicación cuando escribe que: “Lo que la explicación científica, especialmente la explicación teórica, procura no es el género de comprensión intuitiva y altamente subjetiva, sino el género objetivo de visión penetrante [*insight*] que se logra por una unificación sistemática, exhibiendo los fenómenos como manifestaciones de estructuras y procesos subyacentes comunes que se ajustan a principios básicos específicos, contrastables.”³ De hecho, uno puede considerar, en concordancia con esta observación de Kitcher, que las explicaciones nomológico-deductivas son casos particulares de explicaciones desde una concepción unificacionista, cuando las leyes utilizadas en aquellas explicaciones pertenecen a una teoría que ha sido sistemáticamente unificada. O dicho de otra manera, las explicaciones nomológicas-deductivas propuestas por Hempel podrían

² Para una sólida crítica a los modelos de explicación hempelianos, véase Salmon (1998, cap. 19).

³ Citado por (Kitcher, 1981, p. 503) de (Hempel, 1966, p. 83).

formar parte del conjunto de explicaciones exitosas que Kitcher llama el arsenal [*stock*] explicativo de una teoría (véase Kitcher, 1989, p. 430).

Ambos filósofos que han elaborado la concepción unificacionalista, Friedman y Kitcher, han adoptado la concepción sintáctica de las teorías de la ciencia y un enfoque inferencial de la explicación por lo que sus propuestas son, por esas razones, en buena medida compatibles con el modelo nomológico-deductivo de Hempel. Sin embargo, nuestro propósito aquí es analizar la propuesta de explicación como unificación desde la concepción semántica o modelística de las teorías por lo que no me ocuparé aquí de los trabajos de esos autores.

La concepción estructuralista de la explicación

Esbozo del estructuralismo metateórico

El estructuralismo metateórico, una importante escuela en la filosofía contemporánea de la ciencia, tiene sus antecedentes en la obra de Patrick Suppes quien elaboró, a partir de los años 60, una concepción alternativa a la concepción dominante nomológica-deductiva de las teorías científicas, mantenida tanto por empiristas lógicos como por racionalistas críticos (véase Suppes, 1988, caps. 1, 3 y 7). Suppes parte del concepto lógico de modelo de una teoría debido a Alfred Tarski como una estructura, caracterizada en términos de la teoría de conjuntos, que satisface los axiomas de una teoría, i. e., en la cual los axiomas resultan verdaderos bajo cierta interpretación (véase 1957, cap. 12). En palabras de Tarski: “Una realización posible en la cual todos los enunciados válidos de una teoría *T* son satisfechos se llama un *modelo* de *T*.” (Tarski, 1953, p. 11), donde una realización posible es una estructura caracteriza en términos formales. Con base en esa noción lógica de modelo, Suppes propuso una concepción de las teorías científicas como una familia de clases de modelos en lugar de un conjunto de enunciados lógicamente estructurados. Ésta es una de las versiones de la llamada concepción semántica de las teorías, en oposición a la sintáctica formulada en términos de enunciados y relaciones lógicas.⁴ Joseph Sneed es propiamente el fundador del estructuralismo metateórico con su obra *The Logical Structure of Mathematical Physics* (Sneed, 1979). Aunque la *opera magna* de los estructuralistas es *An Architectonic for Science. The Structuralist Program* (1987) del propio Sneed, Wolfgang Balzer y Ulises Moulines, donde introducen la noción de red teórica. Los

⁴ Otras versiones se deben a Frederick Suppe (1989) y Bas van Fraassen (1996). Al respecto, véase Moulines (2011).

nodos de tales redes, de forma arbórea, lo constituyen clases de modelos, llamamos ‘elementos teóricos’, mientras que sus cuerdas son relaciones de especialización entre elementos teóricos.

Aquí sólo hay espacio para exponer los conceptos del estructuralismo metateórico que resultan necesarios para la comprensión de las propuestas de explicación que nos ocupan. El concepto central es el de elemento teórico $T = \langle K, I \rangle$, donde K es el núcleo teórico e I es el dominio de aplicaciones intencionales de K . El núcleo de una teoría $K(T)$ es igual a $\langle M_p(T), M(T), M_{pp}(T), GC(T), GL(T) \rangle$, donde $M_p(T)$ es una clase de modelos potenciales (realizaciones posibles en la terminología de Tarski), $M(T)$ es la clase de modelos del elemento teórico, $M_{pp}(T)$ es la clase de los modelos potenciales parciales dados por $M_p(T)$ y $M(T)$, $GC(T)$ son las ligaduras globales pertenecientes a $M_p(T)$ y $GL(T)$ son los vínculos globales pertenecientes a $M_p(T)$.⁵ Esto es, si suponemos una axiomatización conjuntista de una teoría o elemento teórico T en la que podemos distinguir los axiomas estructurales (aquellos que caracterizan en términos conjuntistas a los componentes de la estructura) de los axiomas propios (aquellos que expresan las leyes o enunciados nómicos de T), entonces $M_p(T)$ es igual a la clase de estructuras que satisfacen los axiomas estructurales, $M(T)$ es el subconjunto de esa clase cuyos miembros también satisfacen los axiomas propios de T , los modelos actuales de T , y $M_{pp}(T)$ es el conjunto de subestructuras que se obtienen de $M_p(T)$ eliminando las magnitudes que son T -teóricas de acuerdo con el criterio estructuralista de teoriedad, el cual en términos informales es presentado como sigue: “Un concepto cuya determinación involucra algún género de medición será llamado teórico con respecto a la teoría T si todos los métodos de medición involucrados en su determinación tienen que ser concebidos como modelos de T o como presuponiendo algún modelo de T .” (Balzer, Moulines y Sneed, 1987, p. 50).

Una teoría científica, de acuerdo con el estructuralismo, no es un único elemento-teórico sino más bien una red R de elementos-teóricos, cuyos miembros están conectados por relaciones de especialización. Esto es, hay un elemento-teórico básico para cada red R que es definido por las leyes fundamentales de teoría en consideración. Esas leyes delimitan la familia entera de (clases de) modelos de la red; sus elementos están asociados con diferentes géneros de sistemas físicos dentro del dominio de aplicaciones

⁵ Véase Balzer, Moulines y Sneed (1987, pp. 39 y 79). De los dos últimos conceptos no son ocuparemos aquí. Las ligaduras globales designan conexiones entre los modelos potenciales de una misma red teórica mientras que los vínculos globales designan relaciones interteóricas, en el sentido de que conectan modelos potenciales de redes teóricas distintas dentro de una misma disciplina científica.

intencionales I del núcleo básico K de R . Al siguiente nivel de la red, hay otros elementos teóricos definidos por leyes especiales, que delimitan tipos específicos de modelos (que están subsumidos bajo la familia de modelos correspondientes al elemento-teórico básico) y que se aplican a alguna clase de sistemas físicos dentro del dominio de T . También puede haber elementos teóricos más específicos que son, a su vez, una especialización de algún elemento previo (o una subespecialización del elemento teórico básico puesto que la relación de especialización es transitiva) y así sucesivamente. Los elementos teóricos T' que son especializaciones del elemento teórico básico T se definen por la adición de alguna ley especial.⁶ Un par de elementos teóricos T' y T tales que T' es una especialización de T comparten tanto la clase de modelos potenciales como la clase de modelos potenciales parciales pero la clase de modelos M' de la especialización T' está contenida en la clase de modelos M de T . En términos intensionales, lo anterior significa que el contenido factual o empírico de T' es más específico que el de T y por ello la clase de aplicaciones intencionales de T' está incluida en la de T .

Por último, el conjunto de aplicaciones intencionales I de un elemento teórico T es un conjunto borroso, caracterizado toscamente como el conjunto de sistemas físicos sobre los cuales los científicos pretenden o consideran que valen las leyes de T , y que son representados por los modelos potenciales parciales de T .

Podemos agregar de manera informal que los modelos son los correlatos conceptuales de los sistemas físicos a los que los científicos intentan aplicar una teoría T . Los modelos potenciales parciales describen esos sistemas físicos en términos de conceptos T -no- teóricos, conceptos que refieren a magnitudes cuya medición no presupone que la teoría T en cuestión es válida. Estos últimos modelos pueden extenderse a modelos potenciales agregando los conceptos T -teóricos, en el sentido recién anotado, para ser aplicados a los sistemas en el dominio de la teoría. Los científicos aseveran que los modelos dan cuenta de los procesos que sufren tales sistemas si acontecen de acuerdo con lo que prescriben las leyes de la teoría.⁷

⁶ A título de ejemplo. En la reconstrucción paradigmática de una teoría física como una red teórica, la mecánica clásica de partículas, la ley fundamental es la segunda ley de Newton, que está formulado en términos de los dos conceptos teóricos con respecto a esa teoría, a saber: fuerza y masa. Esa ley define a los modelos del elemento teórico básico mientras que otros elementos teóricos, especializaciones de aquél, se obtiene por la adición de leyes especiales como la tercera ley, la ley de Lorentz y la ley de la gravitación universal. Al respecto consúltese Moulines (1984).

⁷ Consideremos el caso de la mecánica clásica de partículas, MCP. El dominio de aplicaciones intencionales de dicha teoría está conformado por todos los géneros de sistemas mecánico-clásicos, sistemas que presuntamente cumplen con la segunda ley de Newton. Esta

La propuesta estructuralista de la explicación científica

Ahora bien, en primer lugar, Bartelborth propone una función de incrustación (*embedding*) e , para una teoría dada T que asigna a todo modelo potencial parcial un modelo potencial.⁸ El poder unificador de una teoría, el cual, de acuerdo con él, está relacionado con su poder explicativo, tiene que ser evaluado holísticamente en el sentido de que se debe valorar el poder de unificación de la función entera e y la teoría T (véase Bartelborth, 2002, p. 100). Bartelborth estipula tres parámetros para cumplir con este propósito:

Primero, el poder unificador depende del número de fenómenos que T puede efectivamente incrustar por e , al que llamaré la *fuerza de sistematización* de T [...] pero también de cuan substanciales son los patrones de incrustación, i. e., cuan rica es la información que provee la teoría acerca de los fenómenos. [...] Además de la amplitud de unificación e información, el tercer parámetro para determinar el poder explicativo concierne a la manera de la unificación. Queremos excluir unificaciones triviales por conjunciones. Las unificaciones deben realizarse por una teoría coherente y orgánica que no sea descomponible en subteorías. Una teoría explicativa debe usar sólo unos cuantos patrones para incrustar muchos fenómenos y

182

ley a su vez delimita la familia entera de modelos del núcleo teórico básico, y de ahí de la red arbórea, donde las magnitudes de fuerza y masa corresponden a conceptos MCP-teóricos. Los modelos potenciales parciales son descripciones cinemáticas de tales sistemas físicos en términos de conceptos no teóricos, esto es, en términos de los conceptos de posición y tiempo presuponiendo ciertas coordenadas espaciales. Si se agregan a estos últimos modelos los conceptos dinámicos de fuerza y masa, se obtiene un modelo potencial que podemos considerar un candidato a modelo para un sistema físico de determinado género. Si en ese sistema se cumplen las leyes que definen la clase de modelos contraparte del género de sistemas a la que aquél pertenece (es decir, si dicho sistema evoluciona de acuerdo con las prescripciones de esas leyes) entonces se obtiene un modelo del sistema físico. A partir del núcleo teórico básico se obtienen especializaciones (elementos teóricos especiales) si se agregan leyes especiales como la ley de la gravitación universal, la ley de Hooke y la tercera ley, construyéndose así la red teórica correspondiente a la MCP.

⁸ Se dice, en general, que una estructura $E' = \langle D', R', f \rangle$ es *incrustable* (*embedding*) en una estructura $E = \langle D, R, f \rangle$ (donde D y D' son conjuntos, R y R' designan relaciones n -arias, y f y f' refieren a funciones n -arias) si y sólo si existe una función e de E' a E tal que (1) e asigna a cada elemento x de E' un y sólo un elemento $e(x)$ de E ; (2) para toda n -ada ordenada $\langle x_1, \dots, x_n \rangle$ de elementos de E' , si $R'(x_1 \dots x_n)$ vale en E' entonces $R(e(x_1) \dots e(x_n))$ vale en E , y (3) para cada n -ada ordenada $\langle x_1, \dots, x_n \rangle$ de elementos de E' , si $f'(x_1 \dots x_n) = x_k$ vale en E' entonces $f(e(x_1) \dots e(x_n)) = e(x_k)$ vale en E . La idea básica consiste en que los dominios de ambas estructuras tienen el mismo número de elementos o D' es un subconjunto de D , y que las relaciones R y las funciones f se “preservan” de E' a E . Si llamados la imagen de la función e en E a la parte de E que corresponde a E' bajo la función e entonces podemos decir que E' y su imagen satisfacen exactamente los mismos enunciados (véase, Enderton, 2004, p. 141).

debe mostrar un contenido extra comparada con las conjunciones de subteorías. (Bartelborth, 2002, p. 100).

El parámetro de fuerza de sistematización requiere que el mayor número de clases de fenómenos sean incrustados en el contenido teórico de T por medio de funciones e , lo que significa que los modelos parciales de T pueden ser extendidos a modelos de T , y juega un papel clave en la explicación porque representa “nuestras incrustaciones concretas y por tanto el núcleo de nuestras explicaciones de lo que acontece en los sistemas que son incrustados por e .” (Bartelborth, 2002, p. 101). El segundo parámetro de información demanda por un mayor contenido empírico y teórico para incrementar la fuerza de la función de incrustación e , ya que esos contenidos permiten relacionar submodelos, los que representan sucesos o fenómenos concretos descritos por medio de los conceptos T -no-teóricos, con modelos, los cuales se expresan en términos de conceptos T -teóricos. Esto resulta también crucial para la explicación porque: “En cualquier caso, las teorías reales proveen explicaciones incrustando sucesos o hechos en modelos teóricos y esas incrustaciones fomentan nuestra comprensión del mundo.” (Bartelborth, 2002, p. 92). Finalmente, el tercer parámetro de uniformidad orgánica es satisfecho en virtud de las ligaduras y vínculos globales de una red teórica que cumple con este requisito asegurando que una teoría es más que una conjunción de subteorías (Bartelborth, 2002, p. 100). El *poder explicativo* de una teoría es una función del cumplimiento de esos tres parámetros anteriores en la versión estructuralista del enfoque unificacionalista debida a Bartelborth (Bartelborth, 2002, p. 101).

Hasta aquí la propuesta de Bartelborth de la unificación explicativa para dar cuenta de fenómenos o sucesos dentro del dominio de aplicación intencional de una teoría está elaborada dentro de la metateoría estructuralista de la ciencia. Sin embargo, él avanza tesis adicionales más fuertes más allá de esa metateoría concernientes a la postulación de algunos patrones nómicos que están relacionados con los conceptos teóricos de la red teórica R . Primero, Bartelborth asevera que: “En ciencia, sucesos y también regularidades más generales (nómicas) son incrustados en teorías aún más fundamentales o *patrones nómicos*, respectivamente.” (Bartelborth, 2002, p. 92). Parece que él intenta extender su enfoque estructuralista para dar cuenta también de regularidades nómicas apelando a algunos géneros de patrones nómicos. Aunque esto no es claro puesto que él caracteriza a tales patrones como sigue: “Llamaré a los patrones relevantes “*patrones nómicos*” refiriéndome tanto a las proposiciones que describen a las regularidades como a las regularidades mismas.” (Bartelborth, 2002, p. 96).

Más aún, Bartelborth agrega que en el proceso de incrustación “nosotros extendemos los modelos preteóricos insertando magnitudes teóricas que revelan los mecanismos subyacentes o los patrones básicos detrás de los fenómenos observables.” (Bartelborth, 2002, p. 93), y anota que, por ejemplo, la mecánica clásica revela los patrones subyacentes de las fuerzas gravitacionales y las conexiones entre las fuerzas y los movimientos de las orbitas planetarias. Como este caso sugiere, Bartelborth atribuye al concepto MCP-teórico de fuerza un papel en la explicación ya que él asevera que releva un patrón, de hecho, un patrón causal que representa un mecanismo subyacente. Para Bartelborth, los patrones nómicos son reales, los cuales los científicos buscan descubrir por medio de inferencias abductivas a partir de observaciones.⁹ Más aún, él atribuye a los patrones nómicos el papel central de unificar nuestro conocimiento del mundo (Bartelborth, 2002, p. 91).

Bartelborth también argumenta en favor de una concepción que podría ser considerada como una ampliación de una posición conceptualista cuando dice que: “Los conceptos nos permiten transferir conocimiento de un objeto a otro y son los primeros pasos importantes de nuestra comprensión del mundo por incrustación. [...] Incrustar en esos patrones es similar a la subsunción bajo conceptos generales.” (Bartelborth, 2002, p. 96). Estoy de acuerdo en líneas generales con el enfoque formal a la explicación de Bartelborth, en particular con esta última tesis conceptualista que adelante elaboro un poco más.¹⁰

Forge reformula su concepción anterior de la explicación, en (1999), como instanciación de leyes naturales dentro de la metateoría estructuralista. Él reafirma la tesis: “Explicar es mostrar que algo es una instancia de una ley de la naturaleza.” (Forge, 2002, p. 120), donde Forge entiende una ley tal en sentido óntico con carácter necesario, donde la atribución de necesidad a las leyes es una atribución *de re*, en concordancia con una posición realista acerca de ellas. Además, él propone interpretar realísimamente los conceptos *T*-teóricos, en el sentido estructuralista, de una teoría unificada *T* y considerar a las leyes de la ciencia como designando leyes naturales para otorgar poder explicativo a la relación de incrustación entre modelos así como evitar la interpretación instrumentalista de la ciencia. Así, Forge anota que:

⁹ En general, una inferencia abductiva es una inferencia probable, no demostrativa, que provee alguna hipótesis explicativa.

¹⁰ En este respecto, encuentro el trabajo de Petkov (2015) consonante con la posición conceptualista que aquí adopto. Sin embargo, no hay espacio aquí para proveer el análisis que esa obra merece.

Preferiré entonces interpretar el proceso de incrustar que Bartelborth describe arriba como *mostrando* que *E* [un explanandum] es una instancia de una ley de la naturaleza y es esta unificación la que tomo como explicativa. *E* siendo ‘unificado’ junto con todas las otras instancias que caen bajo las leyes en cuestión. [...] ¿Qué justifica todo esto? [...] La respuesta que daría ahora a esta pregunta es en términos de la idea de que las leyes de la naturaleza son relaciones de necesidad natural entre cantidades. (Forge, 2002, p. 117).¹¹

Entonces parece que el poder explicativo en la tesis de Forge reside en la necesidad natural que él atribuye a las leyes junto con la interpretación realista de los conceptos *T*-teóricos, que podría evitar la compatibilidad de la anterior versión de la explicación de Bartelborth (1996) con una concepción instrumentalista de las teorías científicas.

Más aún, Forge considera que las leyes de la naturaleza, en tanto patrones nómicos, son causales, y que si hacemos un compromiso con el realismo con respecto a los conceptos *T*-teóricos interpretándolos como designando causas reales (cuantitativas), seríamos capaces de dar explicaciones causales genuinas en las ciencias físicas (Forge, 2002, p. 118).

Realismo acerca de leyes

¿Por qué incrustar un modelo potencial, que describe un fenómeno explanandum *E*, en un modelo de una teoría unificada explicaría a *E*? La relación de incrustación entre modelos, que son estructuras abstractas, es de carácter formal. Esta relación se da, por supuesto, entre estructuras matemáticas, sin contenido factual. Por ello este requisito podría ser una condición necesaria para explicar un fenómeno pero no una condición suficiente porque por sí misma carece de poder explicativo, aunque la teoría *T* en cuestión sea una teoría unificada (esto es análogo a considerar correcto un argumento deductivo en el modelo nomológico-deductivo de la explicación de Hempel. La corrección formal no es suficiente para considerar que un argumento deductivo sea explicativo, se requiere de estipular ciertas condiciones adicionales donde resida el poder explicativo de los argumentos deductivos correctos).

La respuesta de Bartelborth consiste en que el poder explicativo de una teoría reside principalmente en la unificación que envuelven los tres anteriores parámetros junto con los patrones nómicos. Él quiere evitar el chauvinismo deductivista de filósofos como Hempel y Kitcher, y encontrar un sustituto apropiado de la tesis de subsunción de los fenómenos en leyes

¹¹ Forge se refiere ahí a Bartelborth (1996).

naturales.¹² Mientras Bartelborth logra el primer propósito, tengo dudas con respecto al segundo, ya que parece que él intenta reemplazar la noción de leyes naturales por la de patrones nómicos, y combinar estos últimos con las leyes teóricas. Él asevera que: “Sin embargo, en lugar de deducir el enunciado explanandum de ciertas generalizaciones [...] tenemos que mostrar que el suceso explanandum es una *instancia* de la regularidad o que es una *instanciación de cierto patrón*. [...] En la concepción estructuralista esta instanciación es representada por la relación modelo-submodelo (o incrustación).” (Bartelborth, 2002, p. 96). Como el final de esta cita indica, considero que él apela a las leyes, fundamentales y especiales, de teorías que definen y delimitan la familia de clases de modelos teóricos. En esta dirección él agrega que: “Los patrones nómicos requeridos en el enfoque estructuralista deben en su lugar mostrar una cierta uniformidad conceptual, un contenido empírico, y efectuar una unificación orgánica que demuestre cierta invariancia de la teoría, y ofrezca un sustituto razonable de la idea de subsunción bajo leyes naturales.” (Bartelborth, 2002, p. 103).

La uniformidad conceptual que Bartelborth busca reside precisamente en los conceptos *T*-teóricos y en las leyes fundamentales que definen y delimitan el conjunto de modelos *M*. En la mecánica clásica, los conceptos teóricos de fuerza y masa junto con la segunda ley de Newton proveen la uniformidad conceptual requerida de la teoría porque los sistemas mecánico-clásicos satisfacen esa ley, la cual es formulada en términos de esos conceptos. Así, tal vez, el núcleo de la idea de uniformidad conceptual radique en la noción de ley fundamental, i. e., la noción de un enunciado básico y universal que los científicos pretenden que vale en todos los géneros de sistemas que conforman el dominio de aplicación intencional de la teoría. Se exige de una explicación que un modelo parcial, que describe el suceso a explicar, sea incrustado en un modelo, el cual posee algún poder explicativo.

Las leyes que definen a los modelos deben valer en los sucesos relacionados con los modelos parciales para que sean modelados por la teoría —de tal manera, no podemos prescindir de las leyes de las teorías, tanto fundamentales como especiales. Está implícito en la misma idea de modelo que algunas leyes tienen que ser satisfechas, al menos en el concepto

¹² La tesis de que las explicaciones científicas subsumen los fenómenos bajo leyes generales, la cual rechaza Barthelborth, la sostiene Hempel cuando escribe que: “A las explicaciones de este tipo se les llamará explicaciones por subsunción deductiva bajo leyes generales, o *explicaciones nomológico-deductivas*. [...] A las leyes invocadas en una explicación científica se les llamará también *leyes abarcadoras* [*covering laws*] del fenómeno *explanandum*, y se dirá que la argumentación explicativa subsume el *explanandum* bajo estas leyes.” (Hempel, 1966, p. 51).

lógico de modelo asumido por los filósofos estructuralistas. Si esto es así, entonces Bartelborth no agrega mucho a la metateoría estructuralista apelando a tal ambigua noción de patrón nómico. Esto no sería una pérdida real para el enfoque unificacionalista de la explicación que él elabora porque los modelos, principalmente los modelos del elemento básico de una red teórica, en los cuales los modelos potenciales son en última instancia incrustados, juegan un papel significativo en la explicación de los sucesos físicos dentro del dominio de una teoría, pero ninguno en la explicación de regularidades observables.

Por su parte, Forge responde a la anterior cuestión apelando al carácter necesario de las leyes naturales, lo cual parece una tesis metafísica que no es consistente con algunas teorías físicas como la mecánica cuántica, donde no estamos autorizados a considerar a los fenómenos como gobernados por leyes naturales necesarias.¹³ En todo caso, la de Forge es una tesis ontológica acerca de tales leyes en la naturaleza. No es eficaz en la argumentación manifestar nuestro desacuerdo con tal tipo de tesis ontológicas que, como Quine (1962) dice, son axiomáticas para cada uno, porque de nada sirve negar que tales leyes existan para intentar refutarlas. Lo que resulta plausible es objetar a esa tesis acerca de leyes necesarias en la naturaleza la cuestión epistemológica: ¿cuál acceso cognoscitivo tenemos a tales leyes de índole ontológica?, ¿cómo podemos conocer tal género de leyes de algún modo que no sea desde y a través de algún marco conceptual?, ¿de qué carácter podría ser tal marco conceptual?, ¿filosófico, científico u otro? Si recurrimos al marco conceptual de una teoría científica, lo que obtenemos son leyes en un sentido *de dicto*, i. e., enunciados universales de carácter nómico que prescriben cómo acontecen invariablemente los procesos dentro del dominio de la teoría. Asumir que a esas leyes teóricas *de dicto* corresponden unas leyes naturales *de re* es suponer demasiado: que la teoría en consideración es verdadera, que esa teoría nos ofrece descripciones de cómo es realmente el mundo y las leyes que obedecen de manera necesaria los procesos que acontecen en el mismo. Forge parece suponer algo así como: hay leyes naturales necesarias y los enunciados universales nómicos de las teorías de la ciencia son verdaderos en tanto que expresen esas leyes naturales y su carácter necesario. Si conocer que hay cierta ley natural involucra que seamos capaces de comprobar que la ley teórica correspondiente es verdadera y mostrar, además, de alguna manera que es necesaria, entonces difícilmente podemos afirmar que existe esa ley natural. Ésta es ciertamente

¹³ Barthelborth señala que él no se ocupa del tema de los patrones estadísticos (Barthelborth, 2002, p. 96), mientras que Forge reconoce que no toda teoría de la física provee explicaciones causales (Forge, 2002, p. 114).

una fuerte tesis realista cuya justificación estaría a cargo de Forge. Como no tenemos un acceso cognoscitivo directo a tales leyes naturales —como lo tenemos a ciertos sistemas y procesos físicos y, quizá, a las regularidades empíricas— dicha justificación tendría que proceder a través de los marcos conceptuales teóricos en virtud de los cuales conceptualizamos el mundo físico, las entidades que lo pueblan y los procesos que acontecen en el mismo. Mas esos marcos conceptuales no son otros que las teorías de la física. No podemos decir cómo es el mundo físico de una manera independiente de cualquier marco conceptual y sólo con respecto a las teorías de la física podemos enunciar las leyes que pretendemos valen en el mundo físico.

No obstante lo anterior, es de suma importancia señalar que utilizando la metateoría estructuralista para la reconstrucción de las teorías se pueden conseguir, en un alto grado, sistematizaciones de ellas como redes teóricas conectadas por vínculos interteóricos. Esta es la razón principal a favor de tal metateoría de la ciencia para la concepción unificacionalista de la explicación.

Una alternativa conceptualista

Ahora delinearé una alternativa conceptualista a las anteriores posiciones realistas sobre los modelos y las leyes científicas con respecto a la explicación científica. El conceptualismo, o relativismo conceptual, es una posición filosófica acerca del conocimiento científico y su relación con el mundo físico, el cual ha sido propuesto y elaborado por filósofos como Willard Quine (1962), Thomas Kuhn (2004) y Roberto Torretti (1990). A muy grandes rasgos, esa posición sostiene que nuestras interpretaciones del mundo son relativas a, y así dependientes de, los diversos marcos conceptuales, i. e. conjuntos estructurados de conceptos. En el caso de los marcos conceptuales de las teorías de la física, los conceptos cuantitativos o métricos están interconectados por funciones matemáticas expresadas por ecuaciones que formulan alguna dependencia funcional entre las magnitudes designadas por los conceptos. Estos en tanto constructos conceptuales designan, pues, a magnitudes que son atribuidas a las entidades y los sistemas físicos mientras que las ecuaciones expresan los tipos de procesos que, de acuerdo con una teoría, sufren las entidades y los sistemas postulados por la misma. Las teorías postulan ciertas entidades, magnitudes y tipos de procesos y afirman, entre otras cosas, algunas ecuaciones nómicas, físicamente interpretadas en términos de conceptos, que prescriben los procesos que sufren los sistemas en el dominio de aplicación intencional de la teoría. Las afirmaciones de existencia de sistemas, magnitudes y procesos se efectúan de acuerdo con alguna teoría, i. e., de manera dependiente y relativa a

alguna teoría. En el campo de la física, no hay lugar a hacer ese género de afirmaciones existenciales de una manera absoluta, sin dependencia a alguna teoría. Ésta no es una tesis ontológica sino más bien una tesis conceptualista acerca de las postulaciones ontológicas de las teorías físicas.

En un eslogan atribuido a Quine: “Hay un mundo independiente pero sólo podemos describirlo en los términos de nuestro propio sistema conceptual”. Así, nuestra conceptualización del mundo físico es dependiente y relativa al marco teórico que adoptemos; conceptualizamos el mundo, objeto de estudio de una disciplina científica, desde y a través de un marco teórico del que forman parte, como adelante argüiremos, ciertos patrones de índole filosófica o extracientífica acerca de los mecanismos de transformación de los sistemas en el mundo físico.

La tesis contraria al anterior eslogan de Quine puede expresarse así: “Hay un mundo independiente y podemos describirlo tal y como es en términos de cierto sistema conceptual, i. e., somos capaces de describir el mundo de una manera absoluta.” ¿Estamos justificados a afirmar que contamos con un sistema conceptual tal? Definitivamente no. Sea suficiente hacer notar que las mejores teorías científicas contemporáneas, como son las teorías relativistas y las teorías cuánticas, relativista y estándar, son, en cierta medida, incompatibles y que, como acertadamente anota Torretti: “Ninguna teoría física pretende una comprensión global de la realidad.” (Torretti, 1990, p. 79).

Una posición opuesta, el realismo absoluto, o absolutismo, defendido, entre muchos otros, por Karl Popper (1975), mantiene la tesis de que hay un marco teórico privilegiado, cuyo sello de distinción es su carácter científico, que se propone descubrir cómo es el mundo, que aspira a dar descripciones verdaderas de cómo es el mundo o, al menos, versiones aproximadamente verdaderas (aunque Popper es cauteloso cuando ahí aclara que no pretende tener, y nadie pretende tener, la verdad en el bolsillo). Según él, las aserciones de la ciencia tienen un carácter absoluto puesto que su verdad, o su falsedad, son objetivas con respecto a su correspondencia, o la falta de ella, con los hechos. A esta tesis Kuhn se opuso cuando arguyó que la idea de una correspondencia entre las entidades postuladas por una teoría y lo que está “realmente ahí” es una ilusión (cfr. Kuhn, 2004, p. 341).

Ahora bien, los constructos conceptuales que llamamos modelos, en tanto que son físicamente interpretados, son los medios por los cuales conceptualizamos los sistemas del mundo, así como los procesos que sufren. Tal conceptualización involucra individualizar a los sistemas físicos particulares como instancias de cierto género de sistemas dentro del dominio de la teoría en consideración. Para poder expresar más claramente lo anterior

con respecto a la explicación estructuralista resultará conveniente hacer una digresión para introducir la noción de modelo de datos debida a Suppes (1988). Originalmente, Suppes propuso el concepto de modelo de datos para analizar las relaciones entre teoría y experimentación, aseverando que “Lo que quiero tratar de mostrar es que un análisis exacto de la relación entre teorías empíricas y los datos exige de una jerarquía de modelos de diferentes tipos lógicos.” (Suppes, 1988, p. 25). En contraste con las matemáticas donde los modelos involucrados para, por ejemplo, proveer un teorema de representación son del mismo tipo lógico, en las teorías empíricas la situación es muy diferente. Esto se debe a que: “En la teoría son usadas nociones teóricas que no tienen un análogo observable en los datos experimentales. Además, es común en los modelos de una teoría contener funciones continuas o secuencias infinitas aunque los datos confirmatorios son altamente discretos y finitos en carácter.” (Suppes, 1988, p. 25).

190

Las estructuras que uno puede construir de los datos empíricos extraídos de mediciones y experimentos podrán contener un dominio finito y a lo mucho frecuencias relativas extrapoladas de los datos recolectados. Como candidatos a modelos de una teoría de la medición o del experimento, esos tipos de estructuras no son apropiadas para ser comparadas con los tipos de modelos que podríamos obtener de una teoría física, que a menudo contienen funciones de probabilidad. Esto plantea un problema a la afirmación de Suppes de que en una jerarquía de modelos y teorías, desde la teoría física en la cima hasta las teorías de la medición y el experimento, en la base, cada “Teoría en un nivel adquiere significado empírico haciendo conexiones formales con la teoría a un nivel más bajo.” (Suppes, 1988, p. 34).

Bas van Fraassen ha mejorado el concepto de modelo de datos. Él anota que este concepto, como ha sido usado, no distingue frecuencias relativas de medidas de probabilidad. Esto es problemático porque, en la naturaleza, sólo encontramos frecuencias relativas, mientras que las funciones de probabilidad son derivadas de la teoría (Fraassen, 2008, pp. 167-168). Van Fraassen propone en su lugar el concepto de modelo refinado, que se describe en términos teóricos y no en términos de un “lenguaje observacional” libre de contenido teórico (Fraassen, 2008, p. 144). Él anota que: “Distingo los modelos de datos y los modelos refinados de esta manera: el modelo de datos resume las frecuencias relativas encontradas; el modelo refinado ‘alisa’—de hecho, ‘idealiza’—ese resumen aún más, tanto como reemplazando el conteo de las frecuencias relativas por medidas con rangos continuos de valores.” (Fraassen, 2008, p. 144).

La significación metodológica de la noción de modelo refinado yace en la idea que: “En la práctica, el nivel al cual una teoría confronta la

experiencia no es el de los datos brutos tomados de los resultados de mediciones individuales, sino de los ‘modelos de datos’ construidos sobre su base, y el ulterior alisamiento de los modelos de datos, en el cual, por ejemplo, se reemplazan secuencias de variables discretas por funciones continuas.” (Fraassen, 2008, p. 154). Una vez que hemos construido un modelo de datos, podemos obtener un modelo refinado idealizándolo por extrapolación de una función de probabilidad. Este género de modelo puede entonces ser confrontado con un modelo de una teoría. De hecho, esos modelos son subestructuras que pueden ser incrustadas en los modelos potenciales parciales de una teoría relevante.¹⁴

Regresando a nuestro tema principal, Bartelborth sostiene que incrustar los fenómenos expresados en patrones es similar a subsumir objetos bajo conceptos generales. Estoy de acuerdo con esta tesis de Bartelborth: para que una teoría T explique un fenómeno se precisa incrustar un modelo parcial en un modelo de T .

Sin embargo, lo anterior es insuficiente para explicar los fenómenos o procesos dentro del dominio de T . Los modelos de una teoría no están aislados del marco conceptual entero en virtud del cual conseguimos conceptualizar los procesos en el dominio de T ; conceptualizar cuáles son los sistemas postulados por T , cuáles son los géneros de procesos que ellos sufren en concordancia con las leyes de T , y cuáles son los mecanismos de sus transformaciones asociados a los patrones de T . Esos patrones desempeñan un papel crucial en las explicaciones porque especifican los modos en los cuales los sistemas físicos pueden cambiar, de acuerdo con nuestro marco conceptual global del mundo que conforma el dominio de T . Tales patrones generales son metateóricos en carácter y aunados a las leyes fundamentales de las teorías asociadas, *unifican* el marco conceptual entero en un sentido pertinente a la concepción unificacionalista. Los patrones pueden ser deterministas, como en la mecánica clásica, apropiados a mecanismos causales; o indeterministas, como en la teoría cuántica, apropiados a mecanismos aleatorios; o evolucionarios, como en la teoría biológica de la evolución, adecuados a mecanismos de transmutación en las especies como en los procesos de especiación.

Más específicamente, con respecto a la mecánica clásica el marco conceptual es, desde luego, la concepción de Laplace del universo como un enorme mecanismo gobernado por leyes causales deterministas, donde tienen lugar diferentes tipos de procesos, que corresponden a distintos modos de transformación, en concordancia con el género de fuerza; p.

¹⁴ Este orden de ideas es expresado por Balzer, Moulines y Sneed en términos del concepto de “construcción de un modelo aproximativo” (Balzer, Moulines y Sneed, 1987, p. 325).

ej., procesos gravitacionales, de colisión y de traslación rectilínea con velocidad uniforme. Bartelborth se refiere a sistemas clásicos de la mecánica newtoniana donde encuentra patrones nómicos que corresponden a modos mecanicistas de transformación de esos sistemas. Mientras que en cierta interpretación de la física cuántica que admite procesos aleatorios intrínsecos, excluyendo la existencia de variables ocultas locales, podemos distinguir cuatro patrones de procesos indeterministas: transiciones causales (cambio de estado de un sistema producido por una interacción entre partículas) como los procesos de dispersión Compton; transmutaciones causales (conversión de algún elemento de cierto tipo en un elemento de otro tipo producido por una interacción) como los procesos de fusión, fisión y aniquilación; transiciones espontáneas (cambios de estado de sistemas acausados) como los discontinuos cambios de energía; y transmutaciones espontáneas (conversión de cierto elemento en otro de manera acausada) como el decaimiento radiactivo. Por su parte, en la biología evolutiva encontramos hipótesis distintas sobre los patrones macroevolutivos de las especiaciones, i. e., el surgimiento de especies inéditas. Mayr (1992) sostiene el patrón gradualista y continuo de diversificación de las especies, que llama especiación alopátrica, por aislamiento reproductivo, previa separación geográfica, entre poblaciones que a largo plazo, y mediante pequeñas modificaciones fenotípicas que se conservan por selección natural, dan origen a especies nuevas. Eldredge y Gould han propuesto un patrón discontinuo llamado de “equilibrio puntuado” [*punctuated equilibria*], a nivel macroevolutivo de conversión de especies, afirmando que la mayoría de los sucesos evolutivos importantes se desarrollaron durante cortos períodos de especiaciones abundantes, súbitas e intensas, donde las nuevas especies resultantes, una vez que se extienden y aumentan en número, atraviesan un período de estabilidad, que a veces dura millones de años, durante el cual sólo sufren cambios mínimos (véase Gould, 2004, cap. 9). Estos son pues, dos patrones diferentes, y excluyentes, de transmutación de las especies naturales en biología evolutiva. A su vez, Kitcher, desde el enfoque deductivista señalado arriba, formula ciertos patrones generales en la teoría de la evolución de las especies. Lo que en (1981) él llama patrones argumentativos en (1993) los llama patrones explicativos ejemplificándolos con historias filogenéticas que describen procesos evolutivos de descendencia común y selección individual simple, así como patrones para trayectorias genéticas y distribuciones de propiedades fenotípicas (cfr. Kitcher, 2001, pp. 44-74). Aunque ciertamente las formulaciones de esos tres tipos de patrones –mecanicistas, estocásticos y evolutivos– difieren en aspectos importantes, considero que podrían encajar, quizá, en lo que aquí presento

como patrones explicativos, los cuales designan modos de transformación de los sistemas en cuestión, físicos o biológicos.

Lo anterior es el núcleo de nuestra propuesta de explicación, que presento como una alternativa a la posición realista de Bartelborth. De acuerdo a ella, se precisa considerar que los marcos conceptuales nos permiten aseverar cuáles son las entidades postuladas en el mundo físico, que género de procesos sufren ellas, y los patrones metateóricos acerca de los procesos. Estos patrones son expresados como principios metateóricos, extrateóricos —que podemos obtener por abstracción de nuestras observaciones de cómo cambian los sistemas— y designan los mecanismos de transformación de los sistemas.

Modelos, leyes y patrones metateóricos, juntos como una totalidad conceptual, proveen el *poder explicativo* de una teoría T , el poder de explicar los procesos que sufren los sistemas físicos. Las teorías están integradas en marcos conceptuales globales de tal manera que los medios de explicación, de manera holista, de los procesos físicos individuales son esos marcos conceptuales. Primero, se individualiza un sistema particular por medio de un modelo de datos o modelo refinado; segundo, se incrusta esta estructura en un modelo potencial parcial; tercero, extendiendo ese modelo a un modelo potencial se aplica aproximativamente éste a un sistema con el objetivo de dar cuenta de un proceso explanandum, lo que metodológicamente implica que se intenta confirmar que el proceso que sufre el sistema acontece de acuerdo con algunas leyes, fundamentales y especiales, de T . En caso de que se confirme que las leyes en cuestión valen en el proceso explanandum, podemos afirmar que el modelo asociado explica tal proceso individual.

Los modelos de datos, particularmente los modelos que dependen de mediciones directas que arrojan los valores iniciales de las magnitudes a través de interacciones, usando instrumentos apropiados, con los objetos que poseen las magnitudes bajo medición, proveen los medios más específicos para alcanzar *individualizaciones* de los sistemas y procesos del mundo. Los valores de las magnitudes medidas, sirven para definir los estados de los sistemas y, ulteriormente, indagar si los procesos que sufren concuerdan con las leyes de nuestra teoría.

Si el proceso a explicar es *aleatorio*, entonces uno tiene que construir un candidato a modelo *probabilista*, i. e., una estructura del tipo de los modelos potenciales descrito por una distribución de probabilidad derivada de los enunciados nómicos de carácter probabilista de la teoría. Además, se tiene que construir un modelo refinado que individualice tal proceso, el cual puede obtenerse de un modelo de datos idealizándolo a través de una extrapolación

de una función de probabilidad (más exactamente, no se individualiza un sistema particular sino un tipo de sistema).

Ulteriormente, uno tiene que incrustar en primera instancia tal modelo refinado en un modelo potencial parcial del modelo potencial probabilista asociado, e indagar si la función de probabilidad del primero concuerda con la distribución de probabilidad del último –así podemos obtener un modelo probabilista. Si se alcanzan este género de modelos podríamos proveer *explicaciones probabilistas* de procesos aleatorios, si es que los enunciados nómicos probabilistas en cuestión valen en esos procesos aleatorios.

194 Todo lo anterior nos permite conceptualizar los sistemas y procesos físicos en consideración como regidos por los patrones metateóricos que designan los mecanismos o modos de transformación de los sistemas. De ser así, los patrones metateóricos desempeñan un papel clave, antes que nada, en la conceptualización de los procesos físicos y, de ahí, ulteriormente en la explicación de los mismos –si es que ellos acontecen como lo prescriben las leyes o principios de la teoría en consideración. Sin embargo, no quiero afirmar que tales mecanismos son parte de la naturaleza, que ellos son mecanismos *de re*.¹⁵ Los patrones pueden expresarse como principios que abstraemos de lo que somos capaces de observar acerca de cómo acontecen los procesos, acerca de cómo los sistemas físicos se transforman. Cuando uno proyecta los modelos de una teoría a los sistemas físicos para, antes que nada, conceptualizarlos en términos de la teoría, y eventualmente explicar los procesos que sufren, uno también proyecta los patrones metateóricos que designan los mecanismos de cambio de los sistemas. No obstante, esta posición conceptualista no pretende sostener que los sistemas físicos y sus procesos no existan de una manera independiente a nosotros. Nuestro compromiso ontológico es con los sistemas físicos, los cuales clasificamos en diferentes géneros; con las magnitudes que esos sistemas exhiben, las cuales concebimos en términos de conceptos métricos; con los procesos físicos, los cuales conceptualizamos en distintas clases –pero no con mecanismos físicos y menos aún con patrones nómicos que subyacen a los fenómenos o con leyes naturales de carácter necesario. Los patrones metateóricos que designan los mecanismos de transformación de los sistemas físicos

¹⁵ Los principios de simetría, tan importantes en la física actual, como los que designan las operaciones de inversión del tiempo, reflexión en el espacio e intercambio de partículas por antipartículas, no son considerados por los físicos en un sentido ontológico. Esto es patente con respecto a la transformación simétrica de inversión del tiempo. (Véase Feynman, Leighton y Sands, 1971, cap. 52).

postulados relativamente a algún marco teórico son constructos conceptuales generales de carácter abstracto.¹⁶

En vena quineana podemos decir que el mundo existe independientemente de nosotros, pero que cualquier descripción que demos de éste será en términos de algún marco conceptual. Así, considero que la posición conceptualista adoptada aquí es consistente con esta tesis de Quine:

Creo que nuestra aceptación de una ontología es en principio análoga a nuestra aceptación de una teoría científica, de un sistema de física [...] Nuestra ontología queda determinada en cuanto fijamos el esquema conceptual más general que debe ordenar la ciencia en el sentido más amplio; y las consideraciones que determinan la construcción razonable de una parte de aquel esquema conceptual —la parte biológica, por ejemplo, o la física— son de la misma clase que las consideraciones que determinan una construcción razonable del todo. (1962, p. 56).

Conclusiones

Desde el enfoque estructuralista o modelo-teórico propuesto originalmente por Bartelborth, hemos sostenido que para explicar un proceso P en un sistema físico S , debemos subsumirlo en un modelo M de una teoría T . Para ello, debemos construir de nuestras colecciones de datos sistematizadas un modelo refinado, que individualiza el proceso P , e incrustarlo en un modelo potencial de T . Posteriormente, debemos confirmar que ese modelo potencial es un modelo de T , lo que significa que las leyes, fundamentales y especiales, que definen el modelo M pueden aplicarse aproximativamente al sistema S — que ellas valen en el proceso P . Si se consigue tal confirmación podemos decir que el modelo M explica el proceso P que sufre el sistema S . Esto es clave para considerar a esta propuesta como una versión modelo-teórica o modelística de la explicación.

Ahora bien, en los casos de teorías cuyas leyes son enunciados probabilistas, los modelos correspondientes son probabilistas en carácter, lo que involucra que la confirmación en cuestión consiste, en parte, en poner a

¹⁶No considero necesario atribuir un estatus físico a tales mecanismos más allá de la suposición de la existencia de procesos de diferentes géneros que acontecen de diversos modos, en contraste a la concepción ontológica de los mecanismos elaborada por Machamer, Darden y Craver (2000) con respecto a la neurobiología y la biología molecular. El concepto de mecanismo de esos autores involucra ciertas actividades de entidades, relacionadas con sus propiedades, que producen cambios regulares. Este concepto de mecanismo puede resultar apropiado para las ciencias biológicas pero no se requiere adscribir actividades a las partículas elementales más allá de sus propiedades.

prueba si la distribución de probabilidad extraída de los modelos concuerda con la construida en los modelos refinados. Si es así, podemos decir que los modelos probabilistas dan cuenta de los procesos aleatorios relacionados con los modelos refinados. Esto último equivale a un aumento a la propuesta estructuralista de Barthelemy.

196 Para mostrar que nuestra versión es también adecuada a la concepción unificacionalista de la explicación debemos pensar que la teoría T en consideración es una teoría general que abarca una variedad de diferentes géneros de procesos, los cuales pueden ser subsumidos en T , por el procedimiento anterior de incrustar modelos de datos, en última instancia, en modelos teóricos, así como en subsumir estos modelos en algún patrón metateórico distinguido como los antes señalados. Lo que es verdad crucial para la concepción unificacionalista es el amplio alcance de las leyes fundamentales y los patrones metateóricos, que puedan ser aplicados a una gran variedad de géneros de procesos. Pero no es una cuestión filosófica cuántas leyes fundamentales tiene una teoría puesto que no podemos sancionar esto. Idealmente, mientras menos mejor. Pero, como una cuestión de hecho, son tantas como la teoría en consideración postule, dado que sean lógicamente independientes en el sentido de que ninguna de ellas se derive de las otras. La extensión del dominio de aplicación así como de la diversidad de aplicaciones de una teoría es lo que importa para considerarla como una teoría unificada, dado que ha sido sistematizada de una manera apropiada como una red teórica.

El tipo de unificación de esta concepción de la explicación científica es incrementada si uno considera, como propongo, la tesis holista de que las teorías están integradas a marcos conceptuales, y que los patrones metateóricos que designan los mecanismos de cambio en los procesos expresados son componentes de tales marcos. Más aún, el carácter holista de la unificación en las teorías de la física puede ser estimado si uno toma en cuenta (lo que parece ha sido pasado por alto) ciertos principios de la física que por su carácter universal desempeñan un importante papel en la unificación teórica a través del campo de la física; a saber: los principios de simetría como son translación en el espacio, translación en el tiempo, rotación en el espacio, velocidad uniforme en línea recta, reversión del tiempo, reflexión del espacio, reemplazo de átomos por átomos idénticos, intercambio de partículas por antipartículas (véase Feynman, Leighton y Sands, 1971, cap. 52) que valen en general para las *leyes* de diversas teorías de la física (aunque con notables excepciones, p. ej., la violación de la paridad bajo reflexión del espacio), así como los principios de conservación asociados, conservación de la energía, el momentum y la carga.

Referencias

- Balzer, W., Moulines, C. U., y Sneed J. D., (1987). *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*. Dordrecht, Países Bajos: Reidel.
- Bartelborth, T. (1996). Scientific Explanation. En W. Balzer y C. U. Moulines (Eds.), *Structuralist Theory of Science. Focal Issues, New Results* (pp. 23-43). Berlin, Alemania: de Gruyter.
- Bartelborth, T. (2002). Explanatory Unification. *Synthese*, 130(1), 91-107.
- Enderton, H. B. (2004). *Una introducción matemática a la lógica* (2ª. edición). Ciudad de México, México: UNAM.
- Feigl, H. (1970). 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* (pp. 3-16). Minneapolis, USA: University of Minnesota Press.
- Feynman, R., Leighton R., y Sands M., (1971). *Física*. (Vol. I). Ciudad de México, México: Addison-Wesley Iberoamericana.
- Forge, J. (1999). *Explanation, Quantity and Law*. Aldershot, Inglaterra: Ashgate.
- Forge, J. (2002). Reflections on Structuralism and Scientific Explanation. *Synthese*, 130(1), 109-121.
- Friedman, M. (1974). Explanation and Scientific Understanding. *The Journal of Philosophy*, 71(1), 5-19.
- Gould, S. J. (2004). *La estructura de la teoría de la evolución*. Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Hempel, C. G., y Oppenheim, P. (1948). Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of Science*, 15(2), 135-175.
- Hempel, C. G. (1979). Aspectos de la explicación científica. En C. G. Hempel, *La explicación científica* (pp. 329-485). Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Hempel, C. G. (1966). *Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs, USA: Prentice-Hall.
- Halonen I., e Hintikka, J. (1999). Unification – It's Magnificent but is it Explanation? *Synthese*, 120(1), 27-47.
- Kitcher, P. (1981). Explanatory Unification. *Philosophy of Science*, 48(4), 507-531.
- Kitcher, P. (1989). Explanatory Unification and the Causal Structure of the World. En P. Kitcher y W. C. Salmon (Eds.), *Scientific Explanation* (pp. 410-505). Minneapolis, USA: University of Chicago Press.
- Kitcher, P. (2001). *El avance de la ciencia*. Ciudad de México, México: UNAM.
- Kuhn, T. S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas* (Trad. Carlos Solís). Ciudad de México, México: Fondo de Cultura Económica.
- Machamer, P., Darden, L., y Craver, C. F. (2000). Thinking about Mechanisms. *Philosophy of Science*, 67(1), 1-25.
- Mayr, E. (1992). *Una larga controversia. Darwin y el darwinismo*. Barcelona, España: Crítica.
- Moulines, C. U. (1984). *Exploraciones metacientíficas*. Madrid, España: Alianza Universidad.
- Moulines, C. U. (2011). *El desarrollo moderno de la filosofía de la ciencia (1890-2000)*. Ciudad de México, México: UNAM.

- Petkov, S. (2015). Explanatory unification and conceptualization. *Synthese*, 192, 3695-3717.
- Popper, K. R. (1975). La ciencia normal y sus peligros. En I. Lakatos y A. Musgrave (Eds.), *La crítica y el desarrollo del conocimiento* (pp. 149-158). Barcelona, España: Grijalbo.
- Quine W. v. O. (1962). Acerca de lo que hay. En M. Sacristán (Trad.), *Desde un punto de vista lógico* (pp. 25-47). Barcelona, España: Ariel.
- Salmon, W. C. (1989). Four Decades of Scientific Explanation. En P. Kitcher y W. C. Salmon (Eds.), *Scientific Explanation* (pp. 3-218). Minneapolis, USA: Minnesota Studies in the Philosophy of Science.
- Salmon, W. C. (1998). *Causality and explanation*. New York, USA: Oxford University Press.
- Sneed, J. D. (1979). *The Logical Structure of Mathematical Physics* (2a. edición). Dordrecht, Holanda: Reidel/Kluwer.
- Suppe, F. (1989). *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*. Urbana, USA: University of Illinois Press
- Suppes, P. (1957). *Introduction to Logic*. New York, USA: Dover.
- Suppes, P. (1988). *Estudios de Filosofía y metodología de la ciencia* (Trad. José Luis Rolleri *et al.*). Madrid, España: Alianza Universidad.
- 198 Tarski, A. (1953). A General Method in Proofs of Undecidability. En A. Tarski *et al.* (Eds.), *Undecidable Theories* (pp. 3-30). Amsterdam, Holanda: North-Holland.
- Torretti, R. (1990). *Creative Understanding*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- Van Fraassen, B. (1996). *La imagen científica*. Ciudad de México, México, Paidós/ UNAM.
- Van Fraassen, B. (2008). *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*. New York, USA: Oxford University Press.