



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**SOBRE EL CONCEPTO DE IDENTIDAD SINTÉTICA:
CONVERGENCIAS ENTRE EL REDUCCIONISMO INTERTEÓRICO
Y LA FILOSOFÍA DEL NUEVO MECANISMO**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

PRESENTA:

ADONAY OTERO GARCÍA

TUTORA:

**DRA. SIOBHAN FENELLA GUERRERO MC MANUS
CEIICH-UNAM**

Ciudad Universitaria a 31 de agosto del 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

*SOBRE EL CONCEPTO DE IDENTIDAD SINTÉTICA:
CONVERGENCIAS ENTRE EL REDUCCIONISMO INTERTEÓRICO
Y LA FILOSOFÍA DEL NUEVO MECANISMO*

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

PRESENTA:
ADONAY OTERO GARCÍA

TUTORA:
DRA. SIOBHAN FENELLA GUERRERO MC MANUS
CEIICH-UNAM

Ciudad Universitaria a 31 de agosto del 2023

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I: DE LA IDENTIDAD SINTÉTICA.....	12
I. Breve contexto histórico.....	12
II. Reducción entre teorías	18
a. <i>Explicación en Hempel</i>	19
b. <i>Modelo de reducción en Ernest Nagel</i>	20
c. <i>Modelo de Keneth Schaffner</i>	22
III. Identidad sintética en el modelo de Watson y Crick.....	26
a. <i>Función reducción</i>	26
b. <i>Identificación del gen con el ADN</i>	29
III. Objeciones	33
a. <i>David Hull</i>	33
b. <i>¿Reducción entre teorías?</i>	37
CAPÍTULO II: APROXIMACIONES A UN MODELO DE REDUCCIÓN SINTÉTICA.....	40
I. Categorías del reduccionismo.....	40
a. <i>Reduccionismo interteórico</i>	40
b. <i>Reduccionismo explicativo</i>	41
c. <i>Reduccionismo constitutivo</i>	46
II. Desarrollos relativos al papel de la identidad en la reducción.....	53
a. <i>Ley de Leibniz</i>	53
b. <i>Identidad contingente</i>	54
c. <i>Identidad entre entidades</i>	54
d. <i>Identidad entre propiedades</i>	58
III. Esbozo de un modelo de reducción sintética	62
CAPÍTULO III: EXPLICACIONES CONSTITUTIVAS EN EL NUEVO MECANISMO	65
I. Mecanismos y principio de integración	66
a. <i>Entidades</i>	71
b. <i>Actividades</i>	73
c. <i>Organización</i>	74
d. <i>Niveles</i>	75
II. Sobre el modelo de explicación de la filosofía del nuevo mecanismo.....	76
a. <i>Modelo de cobertura por leyes y modelo de la tradición de sistemas</i>	77
b. <i>Mutua manipulabilidad</i>	79
c. <i>Efectos mecanísticamente mediados</i>	83
d. <i>Distinción entre explicaciones causales y constitutivas con base en la identidad sintética</i>	86
CONCLUSIONES.....	90

AGRADECIMIENTOS

La redacción de este pequeño texto comenzó hace ya dos años, y tiene la forma que hoy tiene gracias al acompañamiento que tuve de mi tutora: la doctora Siobhan Fenella Guerrero Mc Manus. Le estaré siempre agradecido por su gran disposición a ayudar, así como por sus amables palabras y críticas constructivas hacia este proyecto.

A su vez, me gustaría agradecer a mis lectores. Al doctor Max Martínez, por sus recomendaciones de textos que me situaron en el debate posterior al reduccionismo en biología; al doctor Alfonso Arroyo, porque sus críticas me ayudaron a expresarme mejor; al doctor David Suárez, quien con gran diligencia me hizo importantes correcciones, tanto a la lógica empleada como a las ideas de este trabajo; y al doctor Juan Felipe Guevara, pues con su ayuda pude ver otras perspectivas distintas al reduccionismo.

También quisiera agradecer, muy especialmente, a mi madre Yolanda, por todo el apoyo moral que tuve a lo largo de la redacción de este trabajo; a mi hermana, quien me ayudó tanto emocional como académicamente para expresar ciertas ideas; y a mi hermano Allan, a quien quiero mucho.

Por último, quisiera agradecer al CONAHCYT, debido a que gracias a esta institución pude tener una vida digna y dedicarme al estudio durante estos dos años. Además, reconozco a la UNAM y al Posgrado en Filosofía de la Ciencia por ser instituciones de altísimo nivel académico. Con ellas estaré siempre agradecido, ya que me han brindado la educación que poseo ahora y que pienso usar para ayudar a mejorar mi país y a mi persona, además de perseguir futuros proyectos.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo nace como producto de dos intuiciones sobre la forma en que conocemos así como de la práctica científica, mismas que creemos que se encuentran en tensión. La primera es la concepción de que hay una diversidad en la manifestación de los objetos de estudio; es decir, cuando un sujeto cognoscente observa un objeto¹ cualquiera, se da cuenta de que el objeto se le va a presentar de diferentes maneras, según cómo se acceda a él. El caso más simple es el de las sensaciones. Si yo quiero acceder al objeto «este bolígrafo» puedo tocarlo o verlo, y según lo toque o lo vea, obtendré conjuntos de sensaciones distintos, mismos que pertenecerán a la categoría del tacto o la vista. Si esto lo trasladamos al lenguaje, tendríamos dos tipos de lenguajes L_v y L_t , los cuales referirían al lenguaje constituido por las proposiciones que se forman a partir de la vista y el tacto. La segunda intuición es que estos dos tipos de lenguaje L_v y L_t refieren al mismo objeto, de ahí que las diferentes perspectivas expresadas en los diferentes lenguajes tengan que sintetizarse en un solo objeto.

Sin embargo, a menudo sucede que los lenguajes tienen términos de entidad, mismos que son elementos en L_v y L_t , así, por ejemplo, «objeto visual» y «objeto táctil» son términos generales que pueden ser reemplazados por todo lo que podemos ver o tocar. Traslado a nuestro ejemplo, tendríamos los términos «bolígrafo visual» y «bolígrafo táctil». En general, ambos términos refieren a cosas muy distintas, si le preguntamos a un ciego qué entiende por bolígrafo y a alguien que solo lo haya visto, nos darían descripciones muy distintas. Pero si el ciego se sometiera a una cirugía que le aportara la vista y a la persona que solo lo ha visto se le permitiera tocarlo, el proceso que creemos que sucedería sería una identificación entre los dos términos de entidad, de tal modo que se haría una identificación que produciría la unidad del objeto en la mente de quienes fueran sometidos a tal proceso.²

Este caso parece el más simple y menos sujeto a problemas. Sin embargo, los objetos de la observación en la vida cotidiana son también de la ciencia, ya que esta se caracteriza por investigar a la realidad empírica y a sus objetos. De este modo, nos parece apropiado asociar

¹ A lo largo de este trabajo utilizamos el concepto de objeto y entidad como equivalentes.

² Este proceso fue en cierto sentido descrito por Immanuel Kant y fue una de las categorías puras del entendimiento, llamada «unidad»², misma que es una síntesis que se produce por medio de la imaginación. En este trabajo, no obstante, no pretendemos abordar el pensamiento de Kant y los problemas epistemológicos que tiene su gnoseología. No obstante, esa información puede encontrarse en Kant, Immanuel, *Crítica de la razón pura*, Colihue, Argentina, 2007.

a las disciplinas científicas modos de descripción del objeto que son análogos a las descripciones distintas basadas en los diferentes tipos de sensaciones. Si aceptamos que hay una analogía, entonces parecería ser que si dos ciencias comparten el mismo dominio, deberá de hacerse una identificación, al menos entre términos de entidad. A este proceso lo entendemos como *reducción*, mismo que puede ser entre entidades o propiedades.

En el caso del reduccionismo de entidades, diríamos que dos términos como «objeto viviente» y «objeto físico» son idénticos entre ellos si, y solo si, comparten la misma región espaciotemporal. En el caso del reduccionismo de propiedades podría haber casos de identificación como «estar vivo» y «el conjunto de todos los procesos fisicoquímicos del metabolismo». Creemos, no obstante, que esta identificación es problemática, pues ¿cómo es que el objeto físico y el objeto vivo pueden ser lo mismo si se manifiestan de formas tan diferentes?

En pocas palabras el problema es saber en qué sentido dos objetos que comparten la misma región del espacio tiempo son idénticos y en qué sentido son diferentes. Nosotros proponemos como solución a este problema el concepto de identidad sintética para entidades, y el concepto de preservación de los patrones explicativos para propiedades. Así, los objetos serían idénticos en tanto que son una sola entidad, pero distintos en tanto que en cada disciplina científica aparecen con distintas propiedades. En suma, nuestro objetivo es formular un modelo de reducción de entidades que permita la diversidad explicativa, pero que mantenga la identidad entre distintos términos de entidad, ya que consideramos verdadero que un objeto visto desde diferentes perspectivas sigue siendo idéntico a sí mismo.

A su vez, parecería ser que tenemos que fundamentar el contexto a partir del cual debemos establecer la identidad. Solo eso haría que la identidad volviera a ser un concepto trivial. Sin embargo, consideramos que no podemos pagar el coste de trivializar a la identidad del objeto consigo mismo de esa manera, pues si decimos, en el contexto C el objeto x es igual a sí mismo, la consecuencia es que habrá tantos objetos como contextos. Así, el individuo humano no será una sola entidad cuando se instancia como un objeto, sino que será muchas, tantas como perspectivas, y esto es lo que consideramos una consecuencia inaceptable pues cuando observamos un evento particular denotado a partir del enunciado deíctico «ese ser

humano» consideramos que es un hecho que esa instancia de la humanidad es idéntica a sí misma.

A partir de lo anterior resumimos algunas premisas del argumento en los siguientes puntos:

- (i) Los objetos no se presentan de manera general sino como eventos particulares;
- (ii) Para cualquier descripción de un evento particular hay que elegir una manera de describirlo (perspectiva).
- (iii) Cada perspectiva tiene a menos un enunciado de entidad que refiere al objeto sobre el que se predicen propiedades cualesquiera.
- (iv) Las proposiciones deícticas pueden referirse a los objetos de una forma unitaria.

Consideramos que los cuatro puntos son verdaderos, pero su verdad simultánea genera fuertes tensiones entre sí. El enunciado (i) nos dice que, como seres humanos, no nos es posible describir un fenómeno de *forma general* debido a que no tenemos acceso a una *perspectiva general*. Si observamos un objeto con una mirada cotidiana estamos sujetos a lo que nos dicen nuestros sentidos, y sobre esa forma de percepción se genera una forma de descripción que tiene esa percepción como correlato, misma que está irremediablemente relativizada. No obstante, cualquier otra perspectiva hará lo mismo, relativizar al objeto de tal forma que no podemos tener acceso a él en su realidad desnuda.

Conforme avanzamos como especie y nos hacemos cada vez más sofisticados a la hora de investigar fenómenos, ponemos a dicho objeto en diferentes condiciones físicas (i.e. experimentos) o mentales (i.e. reflexiones). Si las condiciones experimentales, por ejemplo, producen un aumento de nuestro conocimiento sobre los objetos, llamamos al resultado de esas experimentaciones una manifestación novedosa del objeto, mientras que las condiciones mentales sobre las cuales pensamos esas manifestaciones son las perspectivas propiamente dichas. En ese sentido, tenemos acceso al menos a dos maneras de formular nuevos enunciados de entidad: mediante nuevas manifestaciones de un objeto (por ejemplo, el descubrimiento del ADN) o mediante nuevas formas de pensar a un fenómeno (i.e. el ser humano como criatura divina versus al ser humano como entidad natural). Esto es consistente con el punto (ii), pues este nos indica que el objeto de estudio solo puede ser *descrito* mediante alguna perspectiva.

El punto (iii) nos dice que cada perspectiva tendrá un término de entidad sobre la cual se predicen las propiedades. La consecuencia de esto es que, si no hacemos un proceso de identificación, habrá tantas entidades como perspectivas. Sin embargo, el punto (iv) nos dice que hay un modo de referirnos a los objetos de manera unitaria y es mediante enunciados deícticos, es decir, señalándolos. Nótese en este punto que referir a un objeto es describirlo en función de coordenadas temporales y espaciales, de tal modo que la única descripción general es en términos de tiempo y lugar, además de la afirmación de existencia. Esta perspectiva parece ser la más general, pues es compartida por todas las ciencias empíricas. En efecto, todas refieren a un objeto localizado en el tiempo y el espacio. Es por esta razón que la privilegiamos.

El punto (iv), por lo tanto, nos habla de que hay un modo de descripción que es común a todas las descripciones posibles de un objeto que se encuentra en el entramado del mundo, y parece ser que eso es lo que garantiza la identidad del objeto consigo mismo. Sin embargo, el punto (iii) nos dice que hay tantas entidades como perspectivas del objeto. De esta tensión surge el problema que busca abordar este trabajo:

¿Cómo podemos hablar de que un objeto es uno y el mismo y conservar la riqueza de las perspectivas que sobre este objeto se hacen sin por ello multiplicar el número de entidades?

La multiplicación del número de entidades a partir del conocimiento de nuevas manifestaciones del objeto de manera experimental, lo mismo que el cambio de perspectiva mental o social (i.e. el cambio histórico del significado de palabras como «mono», «ser humano», «planeta tierra», etc.), lo consideramos inaceptable en un sentido referencial, pero parece ser que los enunciados de entidad que surgen de cada una de estas perspectivas aportan algo distinto que demanda integración. Dicho de otra manera, mientras mejor conocemos a un objeto de estudio, más se incrementan nuestras perspectivas, y ello nos lleva a tener más información que no puede ser descartada, en principio, a menos que sea demostrado que es falsa. Sin embargo, ¿cómo podemos conservar esa información a la vez que mantenemos una economía ontológica, es decir, a la vez que no multiplicamos las entidades?

El propósito de este trabajo es ensayar una posible solución a esta pregunta y hemos elegido, para alcanzar nuestra meta, el concepto de identidad sintética, tal y como es utilizado en el

modelo de reducción de Keneth Schaffner,³ quien argumenta que, a pesar de que tenemos distintas descripciones y distintos enunciados de entidad, en el fondo hay una identidad fundamental entre todas las descripciones. La síntesis de por lo menos dos descripciones se da mediante una *función de reducción*, misma que estudiaremos con detalle en el capítulo primero. Esta posición teórica es parte de su versión del reduccionismo interteórico, ya que uno de los casos que Schaffner quiere tratar es la reducción del gen mendeliano al gen molecular. En el primer capítulo describiremos con detalle este reduccionismo interteórico, así como su aplicación en la biología, además de que señalaremos el marco histórico en el cual nace esta propuesta.

El segundo capítulo tendrá tres partes. La primera buscará analizar el presupuesto ontológico del reduccionismo interteórico de Schaffner. Para ello haremos un análisis detallado de los tipos de reduccionismo de acuerdo con la clasificación de Sahotra Sarkar.⁴ De esta manera, describiremos las distintas propuestas y defenderemos que el reduccionismo que está en la base de la identidad sintética cae dentro de la categoría del reduccionismo constitutivo, el cual dice que el todo se reduce a las partes. La segunda parte del segundo capítulo buscará analizar varios de los desarrollos que se han hecho posteriormente a Schaffner en términos del papel de la identidad en la reducción.⁵

Elegimos a los autores como Clifford Hooker y Robert Causey,⁶ pues sus investigaciones están en la línea de las de Schaffner sobre la reducción interteórica en general y la identidad sintética en particular. En ese sentido, la segunda parte del segundo capítulo será una continuación de las investigaciones referidas en el primer capítulo. La diferencia será que quienes serán el objeto de nuestro análisis no será ya el reduccionismo interteórico de Schaffner, sino el papel de la identidad en la reducción en los autores mencionados, y otros trabajos relevantes.

Posteriormente, ya en la tercera parte del segundo capítulo, propondremos un modelo de reducción que responda a la pregunta de investigación señalada más arriba. Es decir,

³ Schaffner, K. F. «Approaches to Reduction». *Philosophy of Science*, 1967, 34(2), 137-147.

⁴ Sarkar, Sahotra. «Models of reduction and categories of reductionism». *Synthese*, vol. 91, 1992.

⁵ *Ibid.*, p. 190, nota 18.

⁶ Causey, R. L. «Attribute-identities in microreductions». *The Journal of Philosophy*, vol. 69, n.o 14, 1972, pp. 407-22; Hooker, Clifford A. «Towards a general theory of reduction. Part II: identity in reduction». *Dialogue: Canadian Philosophical Review/Revue Canadienne de Philosophie*, vol. 20, n.o 2, 1981, pp. 201-36.

buscamos un modelo que permita la reducción ontológica de las entidades, pero que permita la integración de las propiedades que cada perspectiva tiene sobre el objeto. De este modo, buscamos una reducción basada en la identidad del objeto consigo mismo que sirva como escenario para la integración de las diferentes descripciones que se hacen sobre el objeto. Dicho de otra manera, buscamos el esquivo y aparentemente contradictorio concepto de un reduccionismo integracionista. Si tal cosa es lograda o no, o si lo que logremos puede ser llamado así, lo dejaremos a juicio del lector.

El tercer y último capítulo será un estudio de caso. En él aplicaremos el modelo de reduccionismo que logremos a la distinción entre relaciones constitutivas y causales en la filosofía del nuevo mecanismo de Carl Craver, William Bechtel.⁷ En este lugar argumentaremos que resulta clarificador considerar las relaciones constitutivas como relaciones de identidad, es decir, que la propiedad que las hace ser relaciones distintas y, por lo tanto, ser la referencia de explicaciones constitutivas y causales, es que la relación que tiene un mecanismo con el fenómeno explanandum es una relación de identidad. Sin embargo, a nivel del mecanismo $S\Psi$ y al nivel del fenómeno $X\Phi$ se dan propiedades $s\Psi$ y $x\phi$ que son distintas, pero que gracias a nuestro modelo creemos que se pueden mantener e integrar a menos que se demuestre que las propiedades son idénticas mediante la ciencia empírica, con una dinámica caso por caso.

Tal es en general nuestro plan de trabajo, sobre el cual tomamos ciertas decisiones para elegir la bibliografía. En general creemos que dicha bibliografía es la mejor que pudimos haber utilizado, ya que el modelo de reducción de K. Schaffner tuvo un gran impacto en el desarrollo de la filosofía de la biología. El mismo David Hull clasificó a dicho modelo como el mejor, de ahí que fuera al que respondiera mediante su famoso artículo «*Reduction in Genetics—Biology or Philosophy?*».⁸

Respecto a la clasificación de los reduccionismos por parte de Sahotra Sarkar, también la consideramos de las mejores y más comprensivas de las que se han hecho sobre el reduccionismo en la biología. Los avances en identidad en la reducción de Clifford Hooker

⁷ Cfr., Craver, C. F., y William Bechtel. «Top-down Causation Without Top-down Causes». *Biology & Philosophy*, vol. 22, n.o 4, julio de 2007, pp. 547-63. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1007/s10539-006-9028-8>.

⁸ Hull, David L. «Reduction in Genetics—Biology or Philosophy?» *Philosophy of Science*, vol. 39, n.o 4, diciembre de 1972, pp. 491-99. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1086/288470>.

y Robert Causey los consideramos como indispensables para elaborar nuestro modelo al final del segundo capítulo. Por otro lado, el estudio de caso de Craver lo consideramos una importante aplicación de nuestro modelo, y esperamos arrojar cierta luz a algunos de los problemas que el autor intenta resolver, particularmente la distinción entre las relaciones constitutivas y causales.

Respecto a nuestros compromisos teóricos estamos de acuerdo con el reduccionismo de entidades basado en la identidad, creemos que la clasificación de Sarkar es suficientemente precisa para poder cubrir nuestro modelo y, por último, consideramos que el nuevo mecanismo funciona para cierto tipo de fenómenos, pero no nos comprometemos con que funcione para todos los fenómenos que estudia la biología. Dicho de manera más clara, el primer capítulo no tiene como objetivo comprometernos con el todo de la teoría de la reducción de Schaffner. Lo único con lo que nos comprometemos es con el presupuesto ontológico de que se puede establecer una función que reduzca los términos de entidad, también llamada identidad sintética.

En el segundo capítulo, no nos comprometemos con todos los reduccionismos posibles, sino que revisamos los diferentes tipos de reduccionismos en la clasificación de Sarkar con el propósito de aportar un escenario que permita clasificar a nuestro modelo en una categoría. En ese sentido, solo defendemos el reduccionismo basado en la identidad que proponemos al final del capítulo. Por último, no nos comprometemos con la filosofía del nuevo mecanismo en su totalidad sino que la consideramos apropiada para ciertos fenómenos como los que describe Craver en «*Explaining the Brain*»,⁹ pero eso no implica que defendamos un mecanicismo general, aunque estamos de acuerdo en que muchos de los conceptos ahí mencionados son aplicables en áreas de la biología donde son relevantes relaciones parte-todo.

Todo esto lo consideramos importante, pues vivimos en una época con enfoque multidisciplinario en ciencias, donde a veces resulta muy confuso hacer sentido de la pluralidad en las aproximaciones teóricas a los objetos de estudio de la ciencia y, a la vez, conservar la unidad intuitiva que los fenómenos tienen consigo mismos. Por último, queremos resaltar que este trabajo no es exhaustivo y que los resultados no pretenden ser

⁹ Craver, C. F. *Explaining the brain: Mechanisms and the mosaic unity of neuroscience*. Clarendon Press, 2007.

definitivos. En general, solo buscamos aproximarnos a una respuesta a la aparente contradicción entre la diversidad disciplinar y la unidad ontológica que creemos que está en la base de al menos algunos de los objetos que estudia la ciencia biológica. Esta última es la postura ontológica más fuerte que defendemos, misma que afirmamos que está presupuesta, de alguna manera u otra, en la mayoría de los reduccionismos constitutivos que han visto la luz en la filosofía de la biología.

CAPÍTULO I: DE LA IDENTIDAD SINTÉTICA

I. Breve contexto histórico

En nuestra época, donde el reduccionismo es considerado como una reliquia del pasado debido a las fuertes críticas que sobre él se han hecho, creemos importante poner en perspectiva qué es lo que hacía que fuera una teoría atractiva. De acuerdo con Peter Machamer, en su recuento sobre la historia de la filosofía de la ciencia,¹⁰ hubo varios elementos que hicieron que la reducción entre teorías fuera algo deseable. El primero es que a finales del siglo XIX y principios del XX, la física era vista como una disciplina cuyo modo de avanzar había sido la unificación de estratos de la realidad física mediante el reemplazo de teorías más restringidas respecto a su campo de aplicación. El segundo motivo, y quizás el más fundamental, es el increíble éxito práctico que tuvo la física a lo largo del siglo XX, particularmente por los procesos de industrialización que vivieron las sociedades europeas.

La mecánica newtoniana, que había sido mostrada como insuficiente para entender la electrodinámica expresada en las ecuaciones de Maxwell, parecía haber sido reemplazada a partir de los artículos publicados en 1905, también llamado *annus mirabilis*. En ellos Einstein formula una teoría que podía explicar los fenómenos electrodinámicos y mecánicos.¹¹ Aunque el reemplazo no sucede, sino hasta la corroboración empírica de algunos de los elementos de la teoría de la relatividad.¹²

En ese sentido, se unificaban esferas de la realidad que se consideraban separadas, ello mediante el reemplazo de la mecánica newtoniana (teoría reducida T_1) con una teoría con mayor potencia epistémica (teoría reductora T_2). La teoría de Newton, no obstante, seguía manteniendo su poder predictivo, pero había sido corregida por una teoría que tenía más alcances, mayor precisión, mejores predicciones, etc. Las aplicaciones fueron tan espectaculares (como el caso del perihelio de Mercurio) que, a partir de ahí y de los avances prácticos que la ciencia había permitido, se justificara el gran entusiasmo que había por la física en esa época. Así se le consideraría una ciencia cuyo modelo deberían de seguir todas

¹⁰ Machamer, Peter K. «A Brief Historical Introduction to the Philosophy of Science» en *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*. Blackwell, 2002.

¹¹ No buscamos hacer un recuento exhaustivo sobre el desarrollo de la física. Para una información más detallada sobre el cambio en la física en relación con los fenómenos puede consultarse: Hawking, Stephen. *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*. Espasa, 2010.

¹² *Ídem*.

las demás. Por lo tanto, parecía ser que toda otra ciencia “especial” debería seguir ese ideal de desarrollo, como si los valores epistémicos de todas las otras ciencias fueran los mismos que los de la física.¹³

Otra razón del entusiasmo radicaba que esta no era la primera vez que sucedía un avance como el de la teoría de la relatividad. Por ello, 1905 no se podía ver como un evento aislado en la historia de la física, sino como una constante. Así, la ciencia física avanzaba en parte sintetizando una gran variedad de fenómenos y corrigiendo teorías restringidas por otras más precisas. En consecuencia, la relatividad se veía como una teoría que unificaba a la vez que reducía interteóricamente a aquellas teorías que le precedieron. En palabras de A. Einstein, cuando refiere a la naturaleza de las explicaciones en física y su relación con el mundo:

Además, este sistema conceptual coordinado unívocamente con el mundo de la experiencia se reduce a unas pocas leyes básicas a partir de las cuales se puede desarrollar lógicamente todo el sistema. Con cada nuevo avance importante, el investigador ve aquí superadas sus expectativas, ya que esas leyes básicas se simplifican cada vez más bajo la fuerza de la experiencia. [...] Los físicos reprochan enérgicamente a muchos epistemólogos su insuficiente apreciación de esta circunstancia.¹⁴

Cabe mencionar que el desarrollo de la física tuvo un gran impacto a nivel social, sobre todo por el desarrollo tecnológico que sus avances habían estado propiciando, por lo menos desde la primera Revolución Industrial. Dicho de otro modo, la sociedad de esa época estaba en un momento de gran entusiasmo por la ciencia física, y ello ocasionaba en parte que el proyecto de los filósofos fuera explicar cómo es que eso, que era tan exitoso, funcionaba. Dicho en palabras de Machamer:

Si se tomaba la física como ciencia paradigmática, y si la ciencia era el método paradigmático por el que se llegaba a obtener un conocimiento fiable del mundo, entonces el proyecto de la filosofía de la ciencia consistía en describir la estructura de la ciencia de modo que quedaran claros sus fundamentos epistemológicos.¹⁵

Por otro lado, en la tradición del empirismo lógico, el lenguaje de la lógica proposicional y de predicados ha sido considerado desde entonces como el modelo de un lenguaje altamente

¹³ Esta afirmación resulta problemática cuando la tratamos de aplicar otras ciencias como la biología o la historia.

¹⁴ Einstein, Albert, «Principles of Research», en *Ideas and opinions*, Crown Publishers Inc., New York, 1954, pp. 226. (Traducción del original: «Furthermore this conceptual system that is univocally coordinated with the world of experience is reducible to a few basic laws from which the whole system can be developed logically. With every new important advance the researcher here sees his expectations surpassed, in that those basic laws are more and more simplified under the press of experience. [...] Physicists strenuously reproach many epistemologists for their insufficient appreciation of this circumstance».)

¹⁵ Machamer, Peter K., *op. cit.*, p. 2. (Traducción del original: *If one took physics as the paradigmatic science, and if science was the paradigmatic method by which one came to obtain reliable knowledge of the world, then the project for philosophy of science was to describe the structure of science such that its epistemological underpinnings were clear.*)

preciso, mismo que los filósofos de la ciencia de esa época necesitaban para poder explicar problemas como las relaciones entre teorías y evidencia. Para ello, los positivistas lógicos trataron de hacer claras las proposiciones observacionales y de relacionarlas mediante principios puente con las proposiciones teóricas. Así, lo teórico se reduciría a lo observacional, lo cual se consideraba fácilmente verificable.¹⁶

En cuanto a los propósitos no epistémicos, ya desde Otto Neurath observamos un plan de reforma social,¹⁷ pues la sociedad de aquella época había permitido que existiera el pensamiento no científico y teologizante,¹⁸ no solo en la esfera del gran público, sino en la ciencia misma. El manifiesto «La concepción científica del mundo» es difundido a través de la Asociación “Ernst Mach”. Este filósofo no participa de la asociación, pero fue una gran influencia para el positivismo lógico especialmente por su posición antimetafísica. Por ejemplo, para él incluso el concepto de átomo era un concepto metafísico, de ahí que, cuando Wilhelm Ostwald escribiera la doctrina del energetismo como alternativa al atomismo, este la aceptara “virtualmente” ya que, para Mach, la energía fuera un concepto tan inobservable como el del átomo.¹⁹ Con lo anterior, observamos una fuerte influencia de la física y el pensamiento empíricamente orientado. Cabe reiterar que, si bien la figura de Mach fue una gran inspiración para el positivismo lógico, él no perteneció al Círculo de Viena como tal.

Otro principio para los positivistas lógicos era la libertad, así la reforma social que buscaban pretendía desprenderse del pensamiento metafísico, y con ello cultivar la libertad del ser humano. Así es que se conciben a sí mismos como liberalistas, además de favorecer la educación con orientación científica. Ello condujo a reformas escolares significativas en Viena. Por otro lado, la economía política también era abarcada por el pensamiento científico, de ahí que la teoría de la utilidad marginal y la teoría marxista fueran cultivadas por estos filósofos.²⁰

¹⁶ Para más información sobre el principio de verificación como criterio para distinguir las proposiciones con sentido de las proposiciones metafísicas (o proposiciones sin sentido), confróntese con: Ayer, A. J. (comp.), *The logical positivism*. Nueva York: Free Press. De momento, baste con decir que el principio falló por no poder ser aplicado a sí mismo: ¿es el principio de verificación verificable? Si no lo es, entonces es una proposición metafísica. Las proposiciones metafísicas no tienen sentido (de acuerdo con el positivismo lógico). Por lo tanto, si el principio de verificación es una proposición metafísica, entonces es una proposición sin sentido.

¹⁷ Neurath, O. «Protocol Sentences» en Ayer, A. J. (comp.), *The logical positivism*. Nueva York: Free Press, 1959.

¹⁸ de Viena, Círculo. «La Concepción Científica del Mundo: El Círculo de Viena». traducción de Carlos Verdugo y Miguel Espinoza). *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 31, 1987.

¹⁹ Blackmore, John T. *Ernst Mach; his work, life, and influence*. Univ of California Press, 1972.

²⁰ de Viena, Círculo, *op. cit*

La visión científica del mundo la caracterizaban como «una posición básica..., [como] puntos de vista..., [así como] dirección de la investigación».²¹ Se trataba de conseguir una ciencia unificada alcanzada mediante el trabajo colectivo, resaltando así la intersubjetividad en oposición al genio; la búsqueda de un lenguaje ideal libre de metafísica, así como la búsqueda de un sistema total de conceptos que fuera accesible a cualquiera. No aceptaban los problemas “profundos”, ni los enigmas insolubles, la ciencia idealizada de tal modo sería el lugar donde «hay superficie en todas partes».²² Su método fue, como hemos visto, el análisis lógico, y su propósito fue mostrar que los filósofos estaban extraviados y se dejaban confundir por el lenguaje natural, mismo que había que reformar; a la vez que buscaban utilizar este lenguaje para aclarar las oraciones de la ciencia.

En relación con los problemas filosóficos, el proyecto de la filosofía de la ciencia del positivismo y el empirismo lógicos puede reducirse a ciertos problemas. De acuerdo con Kitcher, sus problemas eran *confirmación, teoría, explicación y simplicidad*, mientras que otros se habrían unido después del positivismo lógico como *ley, reducción, progreso y causalidad*.²³ Tales son los problemas clásicos de la filosofía de la ciencia y de lo que llamamos «visión heredada». Los acuerdos y desacuerdos, las críticas y los elogios a los distintos desarrollos que históricamente se han dado a estos problemas constituyen en gran parte lo que hoy consideramos filosofía de la ciencia.

Cabe mencionar que históricamente ha habido una relación entre explicación y unificación, la cual recupera de manera muy reciente el filósofo pragmatista Philip Kitcher. Si bien como tal hay un salto enorme entre Kitcher y el positivismo lógico, consideramos que es importante mencionarlo porque nos puede ayudar a entender el papel de la unificación en esta idea de la concepción científica del mundo que presupone la idea de la ciencia unificada.²⁴ Así, acerca de la relación entre explicación y unificación tenemos una teoría pragmatista como la de Kitcher que nos dice que una de las virtudes de la explicación unificadora es que utiliza pocos patrones argumentativos para obtener el máximo de conclusiones. Esto es aplicable a nuestro

²¹ *Ibid.*, p. 112.

²² *Ídem.*

²³ Kitcher, Philip. «Toward a Pragmatist Philosophy of Science», en *Theoria*, 28(2), 2013, pp. 187.

²⁴ Por ciencia unificada entendemos la pretensión de que todas las ciencias puedan ser explicadas mediante pocos patrones explicativos que sean transversales a todas ellas. Es decir, un sistema completo donde estén localizadas todas las ciencias que estudian la realidad.

análisis histórico porque la unificación como modo de explicación no comienza con la teoría de Kitcher, sino que tiene aplicaciones en el pasado, por ejemplo, en el empirismo y positivismo lógicos. En ese sentido:

La tradición científica ha articulado algunos patrones generales de derivación -a veces considerando explícitamente cómo podrían unificarse los fenómenos dentro de un dominio, a veces sólo bajo la guía tácita de la directiva metodológica de utilizar el mínimo de patrones para generar el máximo de conclusiones.²⁵

En consecuencia, los patrones de explicación de la física serían vistos como los adecuados, mientras que en la idea de una ciencia unificada tendríamos que los patrones más fundamentales y precisos serían los que tendrían que iterarse en el desarrollo de otras ciencias. Una vez que esto fuera posible, la economía conceptual que esto produciría sería invaluable, ya que a partir de pocos patrones explicativos maximizaríamos la cantidad de conclusiones posibles, siendo estas conclusiones las explicaciones de los fenómenos que nos interesan.

Respecto a la relación entre la reducción y la unificación, el proyecto del reduccionismo interteórico posterior al empirismo lógico, el cual veremos en el siguiente apartado, sigue queriendo buscar la unificación, no solo mediante la iteración de los patrones de explicación de la física, sino, según varios autores como E. Nagel o K. Schaffner, reduciendo unas teorías a otras. El proyecto unificacionista de Kitcher, no obstante, no es reduccionista, pues emplear un mismo patrón explicativo en distintas teorías no implica que haya una relación de reducción entre las mismas.

Otra intuición emparentada con las ideas de unificacionismo que parecen estar en la base de las intuiciones reduccionistas es el criterio de consiliencia de William Whewell, mismo que él considera como una de las «pruebas de la ciencia» en conjunto con el criterio de predicción y el criterio de coherencia. En el primero se dice que las proposiciones verdaderas son aquellas que aparecen no solo en un dominio de las ciencias, sino en varios.²⁶ Así, por

²⁵ Kitcher, Philip. *Explanatory unification and the causal structure of the world*. 1989, p. 436. (Traducción del original: The scientific tradition has articulated some general patterns of derivation -sometimes explicitly considering how the phenomena within a domain could be unified, sometimes only under the tacit guidance of the methodological directive to use the minimum of patterns in generating the maximum of conclusions.)

²⁶ Snyder, Laura J. *Reforming Philosophy: A Victorian Debate on Science and Society*. University of Chicago Press, 2006.

ejemplo, las leyes de Newton²⁷ son altamente consilientes porque se presuponen en ciertas explicaciones de la biología (como constreñimientos físicos o generativos), así como en sociología u otras disciplinas se llegan a presuponer algunas explicaciones biológicas. Esto, si bien no ocurre en todos los casos, en la práctica llega a suceder que ciertas leyes de la física se tienen que tomar en cuenta para poder hacer explicaciones en biología, particularmente en la molecular.

Para el autor esto sería el testimonio de la verdad de una teoría y equivale, por ejemplo, a que dos testigos den cuenta de un mismo suceso. Este ejemplo es ilustrativo porque se entiende que, si dos personas dan cuenta del mismo hecho, el conocimiento de los testigos tiene una causa común. El criterio de consiliencia nos permite ver que, de hecho, las explicaciones científicas de ramas donde hay más complejidad presuponen explicaciones de ramas que se encuentran en los niveles menos complejos, pero que, si todas estas ramas coinciden en algo, entonces no es descabellado pensar que podría haber una coincidencia en diferentes ciencias que justifique la búsqueda de una ciencia unificada.

En ese sentido, puede decirse que no es lógicamente contradictorio que las diferentes regiones de la realidad estén conectadas y que tal vez sería posible unir las, pues vemos testimonio de la verdad de teorías fundamentales, como por ejemplo la mecánica newtoniana o la evolución, en investigaciones que están muy lejos de las físicas o las biológicas. Sin embargo, probar esta afirmación presupone el completo desarrollo de las ciencias que, en la mente de los positivistas lógicos debería de llevar a la unificación. Existen muchos presupuestos ontológicos al respecto y es una afirmación problemática, pues no tenemos gran evidencia de que esto pueda llegar a realizarse, aunque vemos ciertos casos en los que parece haber una conexión entre las diferentes regiones de la realidad.

Por otro lado, todo el tiempo observamos herramientas de otras ciencias y entrecruces que nos permiten afirmar que parece haber una unión profunda en la naturaleza. Esto lo vemos reflejado desde la materia de la que estamos hechos hasta el código genético que compartimos con todos los seres vivos, mismo que está enraizado en regularidades químicas

²⁷ Presuponemos que las leyes de Newton siguen siendo válidas para la escala en la que habitamos, por eso, aunque la teoría pueda ser reconstruida por la relatividad, seguimos utilizando las leyes de Newton para cálculos en nuestro nivel de escala, ya que la mecánica relativista es mucho más compleja y solo difiere de la de Newton en contextos macrocósmicos, como el perihelio de Mercurio, o en partículas que se mueven velocidades cercanas a la de la luz.

que abarcan mucho más que la materia orgánica. Hay leyes que abarcan casi todas las entidades que conocemos, a la vez que hay regularidades *sui generis* en dominios específicos. Mas la intuición determinista es que incluso lo más específico de la naturaleza está permitido, como posibilidad, por lo más general.

Por otro lado, si en algo coinciden estas versiones de la unificación es que tratamos de sistematizar el conocimiento para ofrecer una imagen de la ciencia que tenga sentido y que se corresponda con la imagen del mundo. La disciplina que trata sobre dar sentido a las diferentes regiones y mostrar cómo cada región se relaciona con otra sería la ontología,²⁸ mientras que la relación de unas ciencias con otras, tengan o no implicadas una determinada ontología acerca de su relación con sus diferentes tipos de estudio, sería en sentido amplio parte de la epistemología de las ciencias.

Dados estos argumentos consideramos que el desarrollo histórico que inicia como mínimo, con el positivismo lógico tiene relevancia hoy en día. Nuestro trabajo, no obstante, no optará por analizar todas las respuestas que sobre esto se han dado, sino por aclarar ciertos conceptos con el uso de herramientas y conceptos lógicos particulares. Esto no significa que creamos que es la única solución posible, sino que la consideramos la solución más cercana a lo que queremos, lo cual es un modelo ontológico que nos permita dar cuenta de la diversidad de explicaciones, por un lado, y la identidad de los objetos consigo mismos. Para ello tendremos primero que ver el contexto teórico en el que nacen los conceptos que pretendemos utilizar para el modelo que buscamos alcanzar. En ese sentido, la siguiente sección tratará sobre el reduccionismo interteórico en general y sobre el reduccionismo de Schaffner en particular con especial atención al concepto de identidad sintética y, posteriormente, sobre sus objeciones.

II. Reducción entre teorías

Inspirados por la física, muchos filósofos, especialmente aquellos que tenían alguna relación con el empirismo lógico, pensaron que el proyecto de una ciencia unificada (en el sentido de que habría una ciencia fundamental muy desarrollada como la física misma que exportaría sus patrones explicativos a las ciencias “menos desarrolladas”), implicaba la posibilidad de

²⁸ Bunge, Mario. «Ontología y ciencia», en *Diánoia*, vol. 21, no. 21, 1975, p. 50.

una reducción entre teorías.²⁹ Con el advenimiento del descubrimiento de la estructura de doble hélice hecho por Watson y Crick, publicado el 5 de abril de 1953 en la revista *Nature*,³⁰ sumado al éxito predictivo de la biología molecular, la posibilidad de la reducción entre teorías heterogéneas como la química y la biología se veía como una realidad en la mente de científicos, así como de filósofos.

El proyecto de la ciencia unificada era algo que podía esperarse dada la historia general de la física. En efecto, la historia sobre Galileo, Kepler y Newton se veía como la historia de un progreso en el que la teoría subsiguiente explicaba y mejoraba a la anterior, mientras que la forma matemática de la teoría le daba una certeza deductiva. Es decir, los resultados de las leyes del movimiento de Newton permitían deducir todos los resultados de las leyes de Kepler y de Galileo, mientras que, si no coincidían, era porque las leyes de Newton eran más precisas. Este proceso al interior de la física fue una reducción interteórica y, bajo este modelo, muchos consideraron que todas las ciencias seguirían este camino al punto en que las teorías principales de las diferentes disciplinas serían reducidas entre sí hasta tener una única teoría que lo podría explicar todo a partir de ciertos principios básicos.

No pretendemos hacer un análisis exhaustivo acerca de todos los que intentaron dar cuenta de la reducción entre teorías, sin embargo, utilizaremos dos de los modelos que nos parecen más representativos: el de Ernest Nagel³¹ y el de Schaffner.³² En el caso del primero, explicaremos en qué consiste la reducción homogénea, heterogénea y en qué consiste su modelo, mientras que respecto al segundo veremos que modifica este modelo en un sentido que lo aleja profundamente del modelo nomológico-deductivo tan característico de la filosofía analítica desde Hempel.

a. Explicación en Hempel

De acuerdo con Hempel, una explicación tiene que ver con responder a la pregunta *por qué* y no solamente qué. Si pensamos en un ejemplo cotidiano, podríamos decir que un fenómeno como la caída libre de un objeto, puede ser descrito en su qué, es decir, podemos medir la

²⁹ Oppenheim, Paul, y Hilary Putnam. «Unity of science as a working hypothesis». *The philosophy of science*, 1991, pp. 405-28. Schaffner, K. F. Approaches to Reduction. *Philosophy of Science*, 34(2), 1967, pp.137-147.

³⁰ Watson, J. D., & Crick, F. H. (1953). «Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid». *Nature*, 171(4356), 737-738.

³¹ Nagel, Ernest. *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*. Columbia University, 1961.

³² Schaffner, Kenneth F. «Approaches to Reduction». *Philosophy of Science*, vol. 34, n.º 2, 1967, pp. 137-47.

velocidad inicial, la aceleración, la posición en el espacio, etc.; sin embargo, la mera descripción de qué sucedió, no es muy informativa en contextos científicos, pues esto nos deja con la duda de por qué ocurrió que la velocidad fue tal que aceleró de tal modo, etc. Por esta razón, cuando pensamos en una explicación científica, particularmente en el ámbito de la física, esta debe contener lo que sucedió como lo que se tiene que explicar, a esto lo llamamos *explanandum*, mientras que lo que explica sería el *explanans*.

En general lo que dicen Hempel y Oppenheim³³ es que una explicación debe seguir ciertas condiciones de adecuación. La primera es que el *explanandum* debe ser una consecuencia lógica del *explanans* (R1); la segunda es que debe contener una ley general (R2); la tercera es que debe tener contenido empírico (R3), mientras que el criterio de adecuación empírica dice que todas las anteriores deben de ser verdaderas o, como mínimo, altamente contrastadas (R4). Si se cumplen estas condiciones, tenemos una deducción lógica, en la que la verdad de las premisas implica la verdad de la conclusión y esto es lo que para Hempel y Oppenheim constituye una explicación científica.³⁴

De esta breve exposición podemos extraer que lo que constituye una explicación en el modelo de Hempel es una deducción lógica en la que la verdad de las premisas R4 garantiza la verdad de la conclusión, es decir, se tiene una deducción válida si las premisas son válidas.

b. *Modelo de reducción en Ernest Nagel*

Ernest Nagel diseñó un modelo de reducción entre teorías al cual dedicó el capítulo onceavo de su libro *The Structure of Science*,³⁵ en él enuncia que el reduccionismo se dice en ciencias en dos sentidos, en uno homogéneo y otro heterogéneo. El primero es cuando una ciencia altamente desarrollada S, tiene una teoría T_2 que absorbe a una teoría T_1 dentro de un dominio donde los significados, fijos y bien especificados, son los mismos;³⁶ por ejemplo, la reducción de las leyes del movimiento de Galileo en las leyes del movimiento de Newton.

³³ Hempel, Carl G., y Paul Oppenheim. «Studies in the Logic of Explanation». *Philosophy of Science*, vol. 15, n.º 2, abril de 1948, pp. 135-75. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1086/286983>.

³⁴ Es importante notar que la premisa R2 debe contener una cláusula *ceteris paribus*, pues la deducción de, por ejemplo, una piedra que cae desde la torre de Pisa hasta el suelo contiene factores adicionales como la fricción que impide la completa exactitud de la deducción a menos que se consideren factores externos. En ese sentido, la cláusula mencionada garantiza un margen de error, mientras que nos dice que, si esos factores fueran completamente excluidos, los valores obtenidos serían los deducidos por la ley de la naturaleza en conjunción con los valores de las variables.

³⁵ Nagel, Ernest... *op. cit.*

³⁶ En lo sucesivo utilizaremos siempre T_1 para referirnos a la teoría reducida y T_2 para referirnos a la teoría reductora.

En esta, los términos velocidad, tiempo, espacio, gravedad, etc. tienen los mismos significados y, por ello, la reducción simplemente ocurre cuando la teoría T_2 predice todo lo que hacía T_1 , pero es más general. Para lograrlo, puede ser que las consecuencias de la teoría de Galileo sean deducidas sin el apoyo de ninguna regla especial, o puede ser necesario que haya un conjunto R de reglas de correspondencia que ayuden a homologar los significados de la teoría a reducir con la teoría reductora. Por ejemplo, en el fenómeno de caída libre, lo que era la aceleración que sufre un objeto al caer puede ser reemplazado por la fuerza gravitatoria, mediante la observación experimental que indica que tanto la aceleración como la fuerza gravitatoria arrojan los mismos valores. La regla de correspondencia R es la que permite hacer esa relación, misma que está dentro del dominio de la ciencia empírica.

Tanto las leyes del movimiento de Galileo como las leyes de Newton son parte del *explanans*, es decir, ambas teorías deben tener un conjunto de leyes L_1 , de tal manera que en la reducción las L_1 sea absorbido por L_2 , por lo tanto, Nagel sigue el modelo de explicación científica mencionado en el apartado anterior. En ese sentido, la mecánica terrestre que antes era estudiada en un dominio especial ahora es unificada con la mecánica general misma que también incluye el movimiento de los astros.

El segundo tipo de reducción es heterogéneo, que es cuando dos teorías tienen términos que no significan exactamente lo mismo. En este caso, el papel que juegan las leyes de correspondencia es aún mayor, pues se tiene que establecer una relación entre dos cosas que no parecen ser lo mismo, y se tiene que demostrar que son en realidad una y la misma cosa. Un ejemplo de esto es la reducción de la termodinámica a la mecánica estadística, donde el término «temperatura» es absorbido por el término «energía cinética». En este caso, es poco intuitivo, sin embargo, sabemos que el aumento en el movimiento de las moléculas produce el aumento en lo que subjetivamente llamamos temperatura. Al ser la relación de este tipo podemos hacer una reducción, con ayuda de las reglas de correspondencia, en tanto que los enunciados observacionales de la teoría reducida y los de la teoría reductora muestran una estricta correspondencia entre lo que se observa que es la temperatura y lo que se observa que es la energía cinética. Al ser ambas justificadas por los mismos enunciados observacionales, decimos que hay una reducción.

Respecto a las condiciones formales de reducción, la primera es que la semántica de los enunciados de ambas teorías debe estar definida sin ambigüedad; que cada enunciado de la ciencia S debe poder ser analizado a partir de su estructura lingüística³⁷ y, como hemos visto, que las leyes de la teoría reducida deben de ser consecuencias lógicas de la teoría reductora más las reglas de correspondencia o principios puente. El modelo de Hempel de la explicación constituye el centro sobre el que orbita esta teoría de la reducción, pues requiere leyes, deducción y, como veremos, también una base empírica adecuada.

Las condiciones informales de reducción son que las proposiciones deben de ser empíricamente válidas, es decir, la verdad debe estar radicada en la evidencia. Mientras que como comentario añade que *la reducción no es entre propiedades sino entre enunciados*. Esto lo menciona porque muchos teóricos de la reducción y la emergencia han tratado de establecer sus criterios con base en que hay conjuntos de propiedades que pretendemos derivar unos de otros. Para Nagel esto es incorrecto porque no tenemos acceso epistémico a las propiedades en sí mismas, sino que estas se encuentran en el corazón de las teorías como enunciados, de acuerdo con el segundo criterio formal de la reducción.³⁸

c. Modelo de Keneth Schaffner

Un segundo momento en nuestra muy breve historia de la reducción es el artículo «Approaches to Reduction» de Kenneth Schaffner.³⁹ En él hace un recuento de cuatro paradigmas que se han utilizado para la reducción entre teorías. El primero es el defendido por Ernest Nagel, H. Woodner y W. V. Quine (NWQ), mismo que consiste en una reducción directa; es decir, que los términos y entidades básicas de la teoría T_1 , son reducidas a T_2 , mientras que las leyes y los axiomas de T_1 , son lógicamente derivables de T_2 .

El segundo paradigma es el defendido por G. Kemeny y Oppenheim (KO), el cual consiste en una reducción indirecta en el que se tienen términos en T_1 que no están en T_2 y viceversa, pero T_2 predice todo lo que predice T_1 . Así, aunque no haya equivalencia entre los significados, como hay una igualdad en las predicciones, se dice que T_2 redujo a T_1 de manera indirecta.

³⁷ *Ibid*, p. 349.

³⁸ *Ibid.*, p. 365.

³⁹ Schaffner, Kenneth, «Approaches...», *op. cit.*

El tercer paradigma, defendido por T. Kuhn, K. Popper y Feyerabend (PFK), consiste en reducción por aproximación, es decir, los términos de T_1 y T_2 no mantienen los mismos significados, pues cada paradigma presupone otras entidades, pero T_2 reduce a T_1 , manteniendo predicciones muy similares a T_1 , en una teoría modificada llamada T_2^* . Esta teoría T_2^* es producto del nuevo paradigma, es derivada de T_2 , y es distinta conceptualmente de T_1 , por lo que la reducción se daría entre T_2^* y T_1 mediante un reemplazo que entraña la corrección de T_1 . Así, por ejemplo, la mecánica newtoniana explicaría que la atracción de los planetas se da por la gravedad y no por el amor, pues amor y gravedad son cosas inconmensurables. La teoría de atracción por el amor sería T_1 y la teoría de la atracción por la gravedad sería T_2^* . De esta manera, aunque hay inconmensurabilidad, para que T_2^* pueda corregir a T_1 , tiene que haber un cambio de paradigma, es decir, no puede haber una corrección directa sin un cambio de ontología. En ese sentido, el paradigma PFK puede llamarse paradigma de la reducción correctiva, misma que se refleja en un aumento de la capacidad predictiva además de mayor precisión.⁴⁰

El último paradigma analizado es el de P. Suppes, mismo que dice que para que dos teorías puedan reducirse entre sí, para cada modelo M_1 , debe haber un modelo M_2^* , que pueda ser deducido de M_2 (el modelo reductor), que sea isomórfico a M_1 . Aunque, de acuerdo con Schaffner, no hay una definición formal de isomorfismo, no obstante, lo que sí nos dice Suppes es que para cada conjunto de proposiciones en Φ_1 que quieran reducirse a Φ_2 , debemos de encontrar un conjunto de individuos a_1, \dots, a_n al que le correspondan un grupo de individuos a_1', \dots, a_n' en la teoría reductora. Si se cumple esta correspondencia uno-a-uno decimos que hay isomorfismo y, por lo tanto, posibilidad de reducción.

Uno de los conceptos que utiliza Schaffner para hablar de reducción es lo que llama *identidad sintética*.⁴¹ Las teorías tienen muchos términos, pero Schaffner argumenta que en el caso de la biología molecular y la mendeliana las dos teorías, distintas en su aproximación, refieren al mismo objeto o entidad. Además, la reducción interteórica es para él un medio para disminuir el número de entidades.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 138

⁴¹ *Ibidem.*, p. 143.

Las ciencias, en general, hacen un análisis del objeto de interés. Esto da lugar a muchas explicaciones del objeto, tantas como las formas en que este ha sido abordado, una de las apuestas del reduccionismo filosófico es que todos estos análisis pueden ser unificados en una sola definición si, y solo si, tienen *exactamente* la misma referencia. En ese sentido, si los análisis de dos ciencias diferentes conciben los límites del objeto de manera diferente o tratan partes que la otra no trata, en esencia, el requisito de la misma referencia no se cumpliría, haciendo imposible una reducción uno-a-uno. El supuesto fundamental de la reducción uno-a-uno es que las entidades referidas en una teoría sean las mismas que las referidas por la otra teoría.⁴² Por ejemplo, en el paradigma de Suppes, si los modelos que se deducen de las teorías llamados M_1 y los de M_2 no refieren a lo mismo, no hay isomorfismo entre teorías, pues este se construye en función de que refieren a lo mismo, por lo tanto, no se cumplirían los criterios de la reducción.

De este modo, la unificación o síntesis tiene como base la identidad y es un fundamento o suelo ontológico que, en nuestra opinión, funciona como garante de la posibilidad, *en principio*, de la reducción de entidades. Cabe mencionar que, si la referencia es distinta, por lo tanto, el criterio para poder reducir no se cumple. Dicho de otro modo, la reducción solo es posible cuando exista una estricta correspondencia uno-a-uno entre enunciados teóricos T_1 y los enunciados teóricos corregidos T_2^* , y la referencia dependerá de si este grupo de términos, en ambas teorías, refieren a los mismos fenómenos. En ese sentido, se presupone una especie de suelo común extrateórico al que pertenece el grupo de términos y que funciona como la referencia de los conjuntos de términos de entidad. Esto es algo que, lejos de ser trivial, es bastante problemático, pues en ocasiones es difícil establecer los límites del fenómeno de referencia.

Estos avances teóricos son usados por Schaffner para poder definir su propio modelo de reducción⁴³ el cual nos dice que existe una reducción cuando: la teoría reductora corregida T_2^* , misma que es derivada de T_2 , contiene los mismos términos primitivos que T_1 . Además, debe ser posible una correspondencia uno-a-uno entre individuos de la teoría, estos

⁴² Ruse, Michael. «Reduction in Genetics». *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1974, pp. 634.

⁴³ Schaffner, Kenneth, «Approaches...», *op. cit.*, p. 144.

individuos son idénticos, pero son expresados de maneras distintas por T_1 y T_2^* , a pesar de ello, al ser los mismos, es posible sintetizarlos con base en su identidad referencial a partir de una función reducción F_1^n . Esta última asocia una cantidad n de predicados primitivos de T_2^* con otra cantidad n enunciados en T_1 , mismos que deben de ser empíricamente adecuados. Las consecuencias son que: (a) T_2^* corrige a T_1 ; (b) que T_2 explica a T_1 de manera no formal, y (c) que las relaciones entre T_2^* y T_1 , deben ser de «fuerte analogía».⁴⁴

Comparativamente, la gran diferencia entre Schaffner y Nagel es que este último piensa que la reducción no es correctiva, sino que todo lo que hace que funcione una teoría debe ser capturado por la teoría reductora. Por su parte, Schaffner piensa que la teoría reductora T_2 produce una relación de reducción informal respecto a la teoría reducida T_1 , mientras que de T_2 puede deducirse una teoría T_2^* que comparta la misma identidad referencial con T_1 , aunque la semántica sea distinta, es decir, contradice la primera condición formal de la reducción de Nagel.

Algo que llama la atención es que en este sistema de explicación no hay una referencia expresa a leyes como parte del *explanans*, para Schaffner la reducción es eminentemente ontológica y, hasta cierto punto, parte del sentido común que nos ofrece la identidad. Creemos que este criterio es de suma importancia, pues nos da razones para pensar que una reducción de esta clase es posible, aunque el estado de cosas de una ciencia en un punto temporal determinado no lo considere realizable.

Por último, cabe explicitar que, a pesar de las críticas que hace sobre Nagel, Schaffner se basa explícitamente en él para su propia teoría. Sin embargo, el primero considera que una explicación tiene que ver con qué motivos tenemos para defender algo, mientras que Nagel considera que una explicación responde a una pregunta de por qué sucede algo. Esto es importante para entender por qué hay un desprendimiento entre Nagel y Schaffner, pues este último considera que a pesar de que la reducción es una deducción válida, también debemos tener buenos motivos para creer que la teoría reductora es la correcta y ello se fundamenta en los motivos pragmáticos que tenemos para creer en su verdad.

⁴⁴ *Ídem.*

De esto se sigue que la teoría reductora pueda corregir a la reducida. A su vez, el principio fundamental que utiliza Schaffner es el del pragmatismo lógico, mismo que dice que una verdad es medida a partir de sus consecuencias. En este caso una teoría es más correcta que otra (la reducida) si tiene mayores consecuencias pragmáticas. En ese sentido, el modelo de Schaffner deja de ser una relación puramente deductiva entre teorías y apela a procesos pragmáticos y abductivos que nos hacen aceptar a una teoría como verdadera, basándonos en dicho pragmatismo lógico.

III. Identidad sintética en el modelo de Watson y Crick⁴⁵

a. Función reducción

Al igual que Nagel, Schaffner encuentra en el modelo de Watson y Crick una promesa que pueda por fin conectar dominios de la ciencia que se han encontrado separados históricamente. Nuestra tesis es que la identidad entre los fenómenos es lo que garantiza la reducción. Si dos teorías hablan de lo mismo, es decir, si tienen la misma identidad referencial, en principio ambas teorías se deberían poder conectar. Sin embargo, a diferencia de Nagel, Schaffner plantea la teoría corregida de T_1 , llamada T_2^* , porque ha seguido las investigaciones de Kuhn y las objeciones de Feyerabend, y sabe que el significado entre teorías es variable. Si este es el caso, por lo tanto, no se puede hacer una relación deductiva entre teorías, sino que hay un giro en el significado y, por lo tanto, la teoría reductora T_2 , deberá de hacer una teoría T_2^* que sí sea deducida de ella que mantenga una fuerte analogía con T_1 , la teoría a reducir. Esto implica, entre otras cosas, cambios en la ontología de la teoría reducida.

Si la explicación del mecanicismo newtoniano del siglo XIX consideraba que el éter luminífero era el medio de propagación de la luz, la relatividad considera que la luz se desplaza a través del vacío, y que, por lo tanto, el éter debe ser eliminado en su teoría a favor de un tiempo y espacio relativos. No obstante, en el lugar del éter está el espacio vacío, mismo que funciona como lugar a través del cual se propaga la luz. Ambos enunciados teóricos refieren al mismo hecho experimental, la luz viaja a través de *algo*. Ese algo es idéntico a sí mismo, y mediante la función reducción hemos postulado una identidad sintética entre el

⁴⁵ En este apartado hablaremos de la reducción en genética en la obra de Schaffner. Si se quiere un recuento más detallado, puede consultarse la monumental obra de Sarkar, Sahotra. *Genetics and reductionism*. Cambridge University Press, 1998.

espacio vacío y el éter luminífero, aunque el significado es distinto, así como la ontología implicada.

De acuerdo con Schaffner «[c]onstruimos funciones de reducción para los términos de entidad de forma que dos nombres universales estén conectados por un signo de identidad, que debe interpretarse como "identidad sintética"»⁴⁶ En el ejemplo anterior, el éter luminífero E_L y el espacio vacío V , serían correlacionados y se construiría la identidad sintética $E_L = V$. De esta manera T_2^* habría corregido a T_1 . Otro caso que también podría darse es que el concepto no tenga equivalente en la teoría reductora T_2 , en este caso, la función reducción haría que un término de entidad como Pegaso (P) sea equivalente al conjunto vacío en la teoría reductora T_2 , y dada la asimetría entre ambos lados de la función (pues un lado es el corregido y el otro es el corrector) diríamos que tendríamos que eliminar el término de entidad por completo. De este modo, $P = \emptyset$ sería el caso de corrección más extremo, donde la entidad sería eliminada por completo de la teoría correctora.

Podría pensarse que lo anterior genera un problema con el isomorfismo, ya que habría entidades en T_1 que no tendrían representación en T_2^* , no obstante, creemos que el ejemplo anterior sirve para clarificar que el isomorfismo está en relación con la referencia. Si entidades de T_1 se muestran como inexistentes en la investigación empírica, la teoría T_2^* las considerará como equivalentes al conjunto vacío, es decir, no habría ningún elemento que fuera la referencia ni en T_1 ni en T_2^* , debido a ello tendrían la misma no-referencia. Es decir, compartirían el hecho de no tener referencia, lo cual no comprometería el requisito del isomorfismo.

De este modo, hay una relación entre el vocabulario básico de ambas teorías, de tal manera que en ambos lados de la identidad sintética encontramos expresiones descriptivas que tienen un significado desde el contexto de su propia teoría, pero que adquieren un nuevo significado una vez que se relacionan mediante el signo de equivalencia. Dicho de otro modo, cada teoría tiene sus propios términos observacionales y tiene sus propias técnicas de correlación de los fenómenos localizados en el laboratorio, el campo o, en general, en la experiencia. Las reglas que permiten otorgar al vocabulario observacional una semántica son las reglas de

⁴⁶ Schaffner, Kenneth F. «The Watson-Crick Model and Reductionism». *Source: The British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 20, no. 4, 1969, p. 329. (Traducción del original: «We construct reduction functions for entity terms such that two universal names are connected by an identity sign, this to be interpreted as 'synthetic identity'».)

correspondencia.⁴⁷ Cada disciplina tiene su propio modo de otorgar una semántica intensional a sus enunciados observacionales, no obstante, podemos decir que el fenómeno es uno y el mismo ya sea porque el experimento es el mismo, por ostensión o por métodos análogos de identificación. Sin duda es un gran problema poder establecer todas las identidades sintéticas, y hasta cierto punto, como veremos, ha habido quienes se han preguntado si tiene algún valor científico hacer una taxonomía de entidades entre unas teorías y otras.

Un segundo tipo de términos que relacionamos con la función reducción, son los términos predicativos, mismos que deben de ser especificados referencialmente dado que el sentido de los predicados no es el mismo.⁴⁸ Ahora bien, Schaffner nos invita a pensar en un momento en el que ya se logró establecer la función reducción entre una teoría reducida T_1 y una teoría reductora T_2 . En este caso hipotético, las variables individuales x_1, \dots, x_n se han identificado en T_2 con otro grupo y_1, \dots, y_m . Supongamos que $y_3 = \langle x_1, x_5 \rangle$ es una relación entre un predicado de T_2 y dos predicados en T_1 . Estos serán válidos si, y solo si, la sustitución del término con los términos de x da como resultado la misma relación extensional. Dicho de otro modo, tal relación es la que se establece entre los predicados de la teoría, *pero no se puede demandar más a la relación que la extensión, pues los significados no son los mismos.*

Sin embargo, ¿cómo se establece esta identidad sintética para entidades y relaciones extensionales para predicados? Según el autor, esto se logra caso-por-caso. Cada rama de la ciencia tiene un modo de identificación de sus entidades, por ejemplo, a través del uso de ciertos aparatos de medición y ciertas interpretaciones que se hacen sobre estos. No obstante, Schaffner hipotetiza que hay variables temporales y espaciales que fundamentan la identidad de las propiedades:

Normalmente, la aparición simultánea y contigua de propiedades se toma como prueba de la identidad referencial de las propiedades, y ciertas analogías, especialmente las formales, también son relevantes. La atribución de la propiedad de valencia a los átomos de hidrógeno, y la propiedad de los espines irrestrictos del átomo de hidrógeno, y su "identificación" es un ejemplo de ello.⁴⁹

⁴⁷ Schaffner, Kenneth F. «Correspondence rules». *Philosophy of Science*, vol. 36, n.o 3, 1969, pp. 280-90.

⁴⁸ Schaffner, Kenneth F. «The Watson-Crick Model...», *op. cit.*, p. 330.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 333. (Traducción del original: «Usually simultaneous and contiguous appearance of properties is taken as evidence of the referential identity of properties, and certain analogies, especially formal ones, are also relevant. The attribution of the property of valence to hydrogen atoms, and the property of unrestricted spins of the hydrogen atom, and their "identification" is such a case in point».)

Casos más simples de identificación son posibles y están relacionados con la manera en que percibimos. Por ejemplo, si vemos una llama y la tocamos y quemamos, hay contigüidad del calor respecto a la llama, y simultaneidad, pues ambos fenómenos se dieron al mismo tiempo. De manera más general, dos propiedades son idénticas entre sí se dan siempre localizadas en un mismo tiempo y lugar.⁵⁰

Una vez que se han establecido las entidades y lo que se puede predicar de ellas, logramos conseguir una imagen T_2^* que refleja todo lo que habla la teoría reducida T_1 , pero los postulados, los compromisos metafísicos, la visión de lo que son los fenómenos, etc., son de la teoría reductora T_2 . A su vez, al ser construida la identidad bajo las descripciones de T_2 , la teoría T_2^* es una deducción de la primera, lo mismo que una corrección. Aunque Schaffner no lo menciona explícitamente, parece ser que la teoría reductora es más detallada y, por lo tanto, más explicativa.

b. Identificación del gen con el ADN

Una de las aplicaciones de la teoría anteriormente mencionada es al modelo de la doble hélice de Watson y Crick. Al respecto, menciona numerosos experimentos que identifican el ADN con el material genético mismo que, en la función reducción que él propone significa que:

$$gen_1 = \text{secuencia de ADN}_1^{51}$$

En ese sentido, debe ser *posible*, en principio, identificar tipos de genes con secuencias de ADN. Así: «[e]l desarrollo de una "genética de estructura fina" en los años 50 abrió la posibilidad de establecer identificaciones entre biología y química».⁵² Lo anterior, porque, como sabemos, el ADN es una molécula compleja, en ese sentido, la identificación de un término biológico como «gen» y un término químico como «secuencia de ADN» abre la posibilidad de una identificación entre términos que, a pesar de tener la misma referencia, se

⁵⁰ Es dudoso hasta qué punto cosas separadas pueden llegar a ser lo mismo. Incluso la materia más densa tiene espacio vacío entre su núcleo y sus electrones, por lo que el concepto de unidad referencial puede parecer arbitrario. Sin embargo, las partes de una sola cosa parecen estar relacionadas de una cierta manera que las hace ser una sola cosa pues constituyen sistemas u organismos. La identificación del objeto como una unidad dependerá de criterios que deberán analizarse caso-por-caso, por ejemplo, una colmena puede ser un caso de identidad en el que las partes están a distancia. Por esa razón la sincronidad y contigüidad no debe tomarse como un ejemplo generalizable a todo fenómeno posible.

⁵¹ *Ibid.*, p. 339.

⁵² *Idem.* (Traducción del original: The development of a "fine structure genetics" in the 1950s opened up the possibility of establishing identifications between biology and chemistry».)

corresponden con ramas de la ciencia que son heterogéneas, por lo que la reducción sería de este tipo.

Para apoyar su planteamiento, Schaffner cita a Belzner⁵³ quien, a partir de sus estudios, explica que la unidad de función o ‘cistrón’ es analizable en términos de unidades de recombinación o ‘recons’ y unidades de mutación o ‘mutons’. El mapeo de estructura fina mostraba linealidad con el modelo de Watson y Crick, lo cual sugería identidad.⁵⁴ Con el avance de la experimentación, Belzner descubre que el mutón no era mayor que cinco pares de nucleótidos, que el recon era de dos y que el cistrón era de centenares.⁵⁵ Como vemos la relación entre nucleótidos y genes, representa una relación entre conceptos de la química y la biología.

Respecto a los requisitos que debería tener una reducción para mostrar la identidad sintética entre el gen y las secuencias de ADN, Schaffner señala tres: (i) que genes específicos sean relacionados con secuencias de purina y pirimidina específicas; (ii) que el fenotipo del organismo sea identificado con alguna estructura química, y (iii) que los procesos químicos relacionados con el fenotipo sean explicados.⁵⁶

A partir de los experimentos anteriores, Schaffner se refiere al dogma central, mismo que explica la síntesis proteica como una transmisión de material genético a través del ARN mensajero hacia los ribosomas que están en el citoplasma de la célula y no al revés. Estos últimos usarán esa información para construir a las proteínas con los aminoácidos que se encuentran ya en la célula. Este proceso de síntesis muestra que el fenotipo (la proteína) es completamente explicable a través de un proceso que es fundamentalmente químico. La identidad sintética, por otro lado, se demuestra, a partir de las investigaciones de Nirenberg y Matthaei⁵⁷ cuyo resultado es la asociación de distintos tipos de genes con distintas proteínas o secuencias de aminoácidos.

Más adelante, Schaffner explica la tesis de la colinealidad:

[...] Yanofsky y sus colaboradores demostraron que la estructura de los genes y la de las proteínas eran colineales, es decir, que el orden de los genes leído en un mapa

⁵³ Benzer, Seymour. «The elementary units of heredity». *The elementary units of heredity*. (1956).

⁵⁴ Schaffner, K., “The Watson...”, *op. cit.*, p. 339.

⁵⁵ *Ídem*.

⁵⁶ *Ibid.*, p. 340.

⁵⁷ *Ídem*.

genético se asocia en correspondencia uno-a-uno con un orden de proteínas constituido a partir de una cadena polipeptídica de aminoácidos.⁵⁸

De este modo, se cumplen varias cosas que hemos visto antes. Una de ellas es el isomorfismo entre el orden proteico y el genético, cosa que permite la correspondencia uno-a-uno, que a su vez está basada en una identidad entre los genes y las cadenas de nucleótidos. Al respecto del requisito (iii), Schaffner cita a Crick cuando menciona que las secuencias de proteínas de un organismo son la más delicada manifestación del fenotipo. Gracias a todo lo anterior, Schaffner concluye que la conexión entre biología y química puede ser establecida.

A todo esto uno podría preguntarse cuál es entonces la diferencia entre la química y la biología y si acaso se debería de abandonar la biología por explicaciones de naturaleza química, pues normalmente se considera que el reduccionismo implica una posición reductiva y eliminativista de este tipo. Para responder a esto podemos ver lo que Schaffner dice acerca de la reducción en la biología. En primer lugar explica que la química y sus leyes son muy permisivas respecto a qué pueda funcionar en la naturaleza, esto es, pues, como un espacio de maniobra que el nivel químico permite al biológico. En ese sentido, esa libertad de maniobra permite la generación de fenómenos de orden superior que no se dan en el nivel inferior, aunque no son más que expresiones complejas de este mismo nivel.

Si nosotros observamos la estructura química de un cuerpo, por ejemplo, no hay nada que impida que ese cuerpo se transforme en otra cosa, las leyes de la química permiten esa flexibilidad. Sin embargo, si la estructura cambiase, diríamos que el cuerpo ya no está vivo. Esto es porque las constricciones químicas impiden tan solo la violación general de las leyes de la química, pero en todo lo demás hay flexibilidad. Por eso la variación de la forma, la plasticidad, la evolución, etc., son fenómenos que son perfectamente aceptables para un reduccionista como Schaffner, porque lo que interesa de manera primordial es la función reducción que produce identidades sintéticas.

La conclusión que puede seguirse de esto es que, si bien fenómenos como la novedad ontológica, la plasticidad, etc., se tratan de fenómenos que no están determinados por la estructura química debido a la irregularidad que se permite incluso al nivel del código

⁵⁸ *Ibid.*, p. 341. (Traducción del original: «Yanofsky and his co-workers demonstrated that gene structure and protein structure were co-linear, that is, that the gene order read off a genetic map is associated in a one-to-one correspondence with a protein order constituted out of a polypeptide chain of amino acids».)

genético, lo cierto es que esos fenómenos no son más que químicos, pues son estructuras posibles dentro de la variedad casi infinita que constituye el campo de posibilidades químicas. Los genes, en ese sentido, necesitan el arreglo estructural de las partes como una propiedad adicional lo cual fundamenta una distinción respecto a una reducción en física o química:

Denominaré [reducción] interactiva a aquella en la que la relación entre las partes (siendo las partes totalmente determinables en términos de la ciencia reductora) no está rígidamente dictada por consideraciones de la ciencia reductora, sino que tenemos buenas razones para creer que es el resultado física y químicamente explicable de interacciones durante un largo período de tiempo con otras condiciones físicas y químicas.⁵⁹

De este modo, la reducción interactiva es la que tiene que ver con el arreglo de las partes y cómo estas producen fenómenos de orden superior, mientras que la reducción simple se da entre entidades, pero no toma en cuenta la estructura, como, por ejemplo, la identidad del calor con la energía cinética.

Por otro lado, podemos observar en la cita anterior que hay una referencia explícita al tiempo. El sistema que ostenta vida y que estudia la biología no es meramente algo ahí, sino que es producto de una cadena de interacciones posibles que se dieron a lo largo del tiempo y que produjeron la vida como hoy la conocemos. El escepticismo antirreduccionista respecto a la identidad química-biología, parece suceder porque, de acuerdo con el autor, no se toma en cuenta la historia del organismo. Los procesos que dan cuenta de los seres vivos no surgieron espontáneamente. Un quark no se volvió el planeta tierra por arte de magia, sino que hubo un proceso de evolución que al transformarse dejó partes fundamentales del proceso de evolución perdidas en el tiempo.

Así, solo podemos hipotetizar y tratar de reconstruir aquello que dio origen a los seres vivos con las características actuales. Lo podemos hacer por medio de la replicación de las propiedades que consideramos esenciales, por ejemplo, en sistemas artificiales, haciendo experimentos para recrear las condiciones en las que se originó la vida, etc., pero hay elementos de los procesos que se pierden. Lo podemos ver en la biología del desarrollo, el

⁵⁹ *Ibid.*, p. 345. (Traducción del original: «I will term the interactive [reduction], in which the relationship among the parts (the parts being fully characterizable in terms of the reducing science) is not rigidly dictated by considerations of the reducing science, but which we have good reason to believe is the physically and chemically explicable result of interactions over a long period of time with other physical and chemical conditions».)

camino de un cigoto a un bebé pasó por caminos causales irreversibles que no son evidentes a partir del análisis del bebé. Hubo pasos que ocurrieron como puente, pero desaparecieron. Si alguien le dijera a quien solo ha visto un bebé desarrollado que en un principio ese ser era un espermatozoide y un óvulo, y que es completamente explicable a partir de interacciones celulares a lo largo del desarrollo, seguramente no lo creería. Este es el peligro de pensar la vida sin historia.

III. Objeciones

a. David Hull

Los artículos de Schaffner que hemos venido citando fueron, desde luego, recibidos por la comunidad de personas que estudian a los seres vivos, y uno de los biólogos más prominentes que polemizó con esta visión de la reducción fue David Hull. Lo que hace especial a esta respuesta es que no está planteada en términos filosóficos, sino que refiere a cuestiones de la ciencia biológica. En su artículo “Reduction in Genetics—Biology or Philosophy?”⁶⁰ Hull da cuenta de diversos argumentos que muestran que la genética de la transmisión (o genética mendeliana) no está siendo reducida a la molecular por los biólogos.

1. La primera de las objeciones ataca al isomorfismo entre la genética mendeliana y la genética molecular. La mendeliana es un sistema de transmisión, mientras que la genética molecular es una teoría de mecanismos para la transmisión y el desarrollo.⁶¹ El autor no alcanza a ver cómo es que una teoría podría deducir a la otra, pues para que fueran isomórficas, se necesitaría que, o bien añadiéramos a la genética de transmisión G_T una teoría del desarrollo, o que elimináramos la teoría del desarrollo de la teoría molecular G_M , cosa que no tendría sentido pues la teoría reductora no puede perder elementos en función de la teoría a reducir.

En ese sentido, Hull ataca a la posibilidad de hacer modificaciones a la teoría molecular para capturar los elementos de la genética de transmisión. La alternativa sería que la teoría G_M tendría que eliminar a la genética del desarrollo para que, de acuerdo con Hull, se pudiera dar la versión modificada que permitiera una reducción. No obstante, como Hull reconoce,

⁶⁰ Hull, David L. «Reduction in Genetics—Biology or Philosophy?» *Philosophy of Science*, vol. 39, n.º 4, diciembre de 1972.

⁶¹ *Ibid.*, p. 492.

G_M no puede ser privada de este elemento sin dejar, por esa razón, un despojo de teoría.⁶² La conclusión de lo anterior es que no puede haber derivabilidad entre las teorías.

El argumento de Schaffner lo que nos dice que tendría que haber una teoría equivalente a la mendeliana llamada G_M^* derivada de G_M que corrija a G_T . Hull explora brevemente la posibilidad, sin embargo, él no ve cómo sería posible hacer una teoría molecular que fuera isomórfica con la mendeliana, aunque ciertamente diríamos que no es lógicamente imposible. Más tarde Schaffner reconocerá que la labor que esto implicaría es no es un objetivo de la ciencia, sino que la reducción de G_T a G_M es algo periférico que se alcanzará toda vez que se desarrolle por completo la disciplina.⁶³

2. La segunda objeción es la que se considera más fuerte debido a que habla de la múltiple realizabilidad. Este es uno de los grandes problemas de la filosofía analítica y se considera que debido a este argumento la teoría de reducción “a la Schaffner” no es adecuada. Como explicación diríamos que, para que una reducción sea posible, debe identificarse una relación uno-a-uno entre la teoría a reducir T_1 y la teoría modificada de T_1 en función de T_2 llamada T_2^* . Las funciones de reducción requieren, para formar identidades sintéticas, o predicados con identidad extensional, que haya una misma y única referencia. En el primer caso, se tendría que identificar que a cada tipo de gen le corresponde una secuencia de código. Mientras que, en el segundo caso, los predicados como ‘dominante’ y ‘mecanismo molecular que produce que un gen se exprese fenotípicamente mientras el otro no’, tendrían que referir a algo que se predique tanto del ADN como del gen.

Sin embargo, esta relación no es uno-a-uno, pues los mismos rasgos mendelianos pueden ser ocasionados por múltiples fundamentos moleculares, y estas bases moleculares pueden tener como consecuencia los mismos rasgos mendelianos. Por ejemplo, el color café de los ojos puede darse en dos especies distintas por razones moleculares completamente diferentes, y los mismos fundamentos moleculares pueden dar lugar a una gran variedad de fenotipos.⁶⁴ En ese sentido, esta relación es múltiplemente realizable, la relación es muchos-a-muchos, argumento que anula el paradigma de Suppes y lo que recupera Schaffner del mismo en el

⁶² *Ibid.*

⁶³ Schaffner, Kenneth F. «The peripherality of reductionism in the development of molecular biology». *Journal of the History of Biology*, vol. 7, n.º 1, 1974, pp. 111-39.

⁶⁴ *Ibid.*, p. 494.

caso de la genética molecular y de transmisión. Esto constituye una de las razones por las cuáles este tipo de reduccionismo ha sido abandonado.

Una posible respuesta, es que en este argumento se está omitiendo el contexto en el que se encuentra el gen, mismo que podría producir diferentes manifestaciones en función de esta relación. Los genes no son sistemas cerrados, sino que reaccionan a determinadas condiciones ambientales. En ese sentido podríamos decir «si g se encuentra en un contexto C, por lo tanto, se dará la característica m». Este argumento, sin embargo, reemplaza las variables con individuos, es decir, sería un *reduccionismo de tokens* cosa que explora mucho más tarde Rosenberg para resolver el problema de la múltiple realizabilidad planteado por Hull al reduccionismo.⁶⁵ Sin embargo, en este intento, el reduccionismo deja de ser entre teorías y se vuelve entre entidades individuales no atadas a teoría alguna; es decir, se eliminan los componentes epistemológicos en favor de un reduccionismo ontológico. Como veremos más adelante esto es un camino que fue necesario tomar debido a que este problema es muy grave para el paradigma de Schaffner.

Debido a que Rosenberg requeriría una mayor dedicación que la que le podríamos dar en este capítulo, dejaremos los detalles de su propuesta para el siguiente. De momento baste decir que esta objeción muestra que no puede haber una reducción entre *clases naturales*, que es lo que buscaba Schaffner o Nagel, pues los términos de entidad refieren no a particulares, sino a conjuntos o clases de fenómenos. Sin embargo si hablamos de un individuo particular en un contexto particular estamos hablando de casos. En suma, los derroteros por los que ha avanzado la filosofía reduccionista han tratado de evitar este problema mediante el uso de otras herramientas, pero ello ha significado, hasta donde analizaremos en este trabajo, abandonar la idea de que se puede hacer una correspondencia uno-a-uno entre clases naturales, pues esta es muchos-a-muchos.

3. La tercera objeción ataca a la posibilidad de establecer identidades sintéticas. Los genes mendelianos eran caracterizados por la genética de estructura fina sin referirse a la genética molecular, dividiendo el material genético en unidades como ‘recones’, ‘mutones’, ‘codones’

⁶⁵ Rosenberg, Alexander. «The supervenience of biological concepts». *Philosophy of Science*, vol. 45, n.º 3, 1978, pp. 368-86

(los cuales son la unidad de información más pequeña) además de los cistrones y operones que son unidades de función dentro del gen.

Hasta aquí Hull está reconstruyendo las premisas que Schaffner utiliza para sostener el argumento de que la reducción es posible. Sin embargo, Hull señala que uno de los métodos para identificar los genes con secciones del ADN es la hipótesis “un gen una enzima”, sin embargo, no todos los genes codifican enzimas y parece ser que, entre otras dificultades mencionadas, la identificación uno-a-uno no es posible. Sin embargo, más adelante reconoce que quizá son solo dificultades técnicas o que las unidades funcionales tienen límites que cambian o se superponen unos con otros.

Sin embargo, el cambio de límites y la superposición entre los genes en genética de la transmisión y las secciones del ADN no parecen eliminar la posibilidad de la identificación entre unos genes y otros. El problema que parece arrojar esta discusión es que, nuevamente, no se considera el papel que tiene el tiempo en los procesos del desarrollo. Si los límites del gen son variables o la identificación es difícil, esto jamás pone en duda que en un momento t , $x=x$. La reconstrucción es más difícil de lo que parece, porque las identidades sintéticas tendrían que ser establecidas no solo en función de individuos que simplemente se recombinan, sino en función de esos individuos en etapas del proceso del desarrollo que desemboca en la síntesis proteica.

En esta transmisión, los individuos cambian, junto con sus límites, unas cosas se vuelven otras, otros genes desaparecen, pero tomando en cuenta cada instante, los genes son los mismos y, en principio, debe haber una posibilidad de identificar cada uno de ellos y su trayectoria a través del tiempo entre las teorías G_T y G_M al menos ostensivamente basándonos en el principio de espaciotemporalidad. En términos más intuitivos, todo gen debe ser idéntico a su estructura química en cada momento, cambios en la estructura no producen cambios en la identidad, porque la descripción del proceso molecular sería colineal al proceso en el mapeo de estructura fina. Lo que sugiere isomorfismo y, en consecuencia, identidad.

Nótese que la distinción entre la segunda y la tercera crítica tiene que ver con la distinción entre compromisos teóricos, en el caso de la segunda objeción, y la tercera tiene que ver con compromisos ontológicos. Nosotros creemos que si bien ya no es posible un reduccionismo interteórico de clases naturales, sí que es posible tomar posiciones más moderadas como las

del nuevo mecanismo o los reduccionismos constitutivos. Por otro lado, el concepto de identidad sintética es ontológico por el hecho de referir a las entidades que están como referencia de los términos de entidad en las teorías. En consecuencia, el hecho de que esté comprometida la reducción interteórica no implica que esté igualmente comprometida la identidad como principio ontológico que permita una reducción constitutiva.

b. ¿Reducción entre teorías?

Otro problema relativo al reduccionismo interteórico es que no parece ser que ciencias como la biología necesariamente hagan uso de teorías como las que pensaba el positivismo lógico, Nagel o Schaffner. Esto es, sistemas de demostración que tienen vocabulario observacional, teórico, leyes puente, regularidades como leyes de la naturaleza, además de una axiomatización, reglas de deducción, etc. Esto es acaso lo que se podría esperar del modelo de la física, pero ciencias como la biología o la sociología no parecen seguir esa ruta y, aunque quisieran, parece ser que no es alcanzable. Esto sin duda nos metería en más problemas de los que queremos tratar aquí, pues existen muchas razones por las cuáles la biología se considera una ciencia muy distinta a la física y que estos ideales solo son posibles en secciones de la biología que están formalizadas, pero no en múltiples áreas que no están formalizadas.

Así, el modelo de Schaffner no parece muy alejado de lo que los biólogos moleculares de su época pensaban, pero tiene severos problemas a la hora de establecer un símil con la ciencia física. Y es que en esta última hay teorías, altamente matematizadas y precisas, donde cabe pensar que el *explanandum* puede deducirse del *explanans*, mientras que la biología hay patrones de explicación que no están asociados a lo que suele entenderse por teoría en el modelo nomológico-deductivo, pues este requiere leyes, axiomas y deducciones, mientras que en la ciencia biológica tenemos secciones que parecen ajustarse mejor que otras. En palabras de Sahotra Sarkar:

Algunos críticos han sido motivados por el deseo de captar, mediante un modelo de reducción, la actividad científica actual y la estructura de las explicaciones dentro de un contexto científico en lugar de lo que se obtiene tras su reconstrucción racional por parte de los filósofos. En general, han negado que la mayoría de los casos de reducciones científicas entre niveles (es decir, cuando las propiedades de los conjuntos se explican en términos de las de sus partes) impliquen teorías en lo absoluto.⁶⁶

⁶⁶ Sarkar, Sahotra. "Models of Reduction and Categories of Reductionism." Source: *Synthese*, vol. 91, no. 3, 1992, p. 168. Some critics have been motivated by a desire to capture, through a model of reduction, actual scientific activity and the

Lo que tenemos son patrones de explicación que son más bien locales y que no podemos asociar a leyes sino a un concepto más deflacionario de ley.⁶⁷ Schaffner prevé que esto es el caso en la biología y nos menciona que las leyes de la química lo único que hacen es marcar cuáles son las estructuras posibles (los constreñimientos), pero da espacio a múltiples expresiones de esas estructuras.

Esta es otra de las razones más importantes por las que el reduccionismo interteórico ha sido abandonado. A su vez, las explicaciones se han orientado más a relaciones parte-todo en lugar de relaciones deductivas. Si bien esto es una sobresimplificación ya que se han dado muchas respuestas al problema de la explicación en la visión heredada, lo cierto es que la falta de adecuación entre los modelos del empirismo lógico y la ciencia como realmente es hecha constituyen el argumento práctico del porqué ya no son tan relevantes estas teorías. No obstante el problema ontológico permanece.

Como pequeña conclusión a este capítulo diremos que la función reducción es un modelo muy útil porque nos permite establecer identidades sintéticas entre términos expresados por distintas teorías. Este concepto funciona como una herramienta heurística para establecer identidades entre términos de entidad y no está comprometida por las objeciones que se le han hecho al reduccionismo interteórico, sobre todo porque la función reducción se puede aplicar a entidades concretas o individuos y no solo a clases naturales, de ahí que pueda formularse sin contradicción con la múltiple realizabilidad.

Entendemos que el uso de la función reducción para establecer identidades sintéticas tiene como valor el permitirnos tener una ontología más escasa y acorde con nuestras intuiciones acerca de la identidad que los objetos que se localizan en el mismo tiempo y espacio tienen consigo mismos. Por otro lado, consideramos que las perspectivas teóricas constituyen el marco de referencia de los términos de entidad que se ponen en relación en la función reducción, de ahí que, el fundamento de la identidad sintética sea la igualdad extensional y el reemplazo de los significados entre la teoría correctora y la teoría corregida.

structure of explanations within a scientific context rather than what obtains after their rational reconstruction by philosophers. In general, they have denied that most cases of inter-level scientific reductions (i.e., where the properties of wholes are explained in terms of those of their parts) involve theories at all.

⁶⁷ Craver, C. "Structures of Scientific Theories" en Machamer Peter, et. al., (eds). *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*. Blackwell, 2002.

No obstante, debido a que el reduccionismo interteórico ha sido comprometido, no pretendemos seguir hablando de esta relación entre teorías correctoras y corregidas, por ello, modificaremos la función reducción para que exprese identidad, esto es, que *los dos lados de la reducción son igualmente válidos* e intercambiables. A su vez, cambiaremos el enfoque hacia el reduccionismo constitutivo y explicativo, mismos que Sarkar considera que son los que más se ajustan a la práctica de las ciencias de la vida.

Problemas que quedan por tratar son: (i) explicar cuál es la taxonomía en la que se encuentra el reduccionismo constitutivo; (ii) cómo puede resolverse el problema de la múltiple realizabilidad; (iii) cuáles son las condiciones para establecer identidades sintéticas entre entidades, y (iv) cuáles son las condiciones para establecer identidades sintéticas entre propiedades. Una vez respondido esto, trataremos de hacer una síntesis acerca de los puntos más importantes que tratarán de articular la respuesta a estas preguntas en una propuesta coherente.

CAPÍTULO II: APROXIMACIONES A UN MODELO DE REDUCCIÓN SINTÉTICA

Como vimos en el capítulo anterior, hay varios problemas que dejamos para más adelante. El primero de ellos es la taxonomía en la que está el compromiso ontológico de la identidad sintética. Tales son las categorías del reduccionismo de Sahotra Sarkar y constituyen la primera sección de este capítulo. Sobre esta última, cabe resaltar que lo que buscamos explicar son las diferencias entre las distintas categorías con cierto detalle. No toda la información tiene relevancia para nuestro argumento central, sino que provee un marco donde se desarrolla lo que queremos tratar. No obstante, dentro de esta sección incorporaremos la respuesta de Rosenberg al problema de la múltiple realizabilidad bajo el apartado de reduccionismo constitutivo.

Posteriormente analizaremos las distintas posturas relativas a la identidad en la reducción, particularmente de Robert Hooker quien hace un intento de una teoría general de la reducción y dedica varios artículos a explicar por qué las identidades son importantes y al paso incorporaremos algunos otros autores que nos permitan desarrollar el argumento. En general el problema es en qué consisten las condiciones para poder identificar una entidad o una propiedad con otra. Por último trataremos de sintetizar las ideas que nos parecen más convincentes para nuestro propio concepto de reducción, que será el final de este capítulo.

I. Categorías del reduccionismo

a. *Reduccionismo interteórico*

Las categorías del reduccionismo, de acuerdo con el texto de Sahotra Sarkar, son el reduccionismo teórico, el explicativo y el constitutivo.⁶⁸ El primer tipo de reduccionismo es el que tiene más compromisos, pues considera que la reducción se da entre teorías y no necesariamente entre relaciones parte-todo. Este tipo de reduccionismo puede ser completamente epistemológico y esto no es una extravagancia. Por ejemplo, Ernest Nagel observa que nosotros no tenemos acceso a las propiedades de los objetos, sino que estas solo pueden ser expresadas como parte de un lenguaje teórico. Así:

⁶⁸ Sarkar, Sahotra. «Models of reduction...», *op. cit.*

[L]a concepción ignora el punto crucial de que las "naturalezas" de las cosas, y de los "constituyentes elementales" de las cosas, no son accesibles a la inspección directa y que no podemos leer por simple inspección lo que implican o no implican. Tales "naturalezas" deben enunciarse como algo teórico y no son objeto de observación...⁶⁹

Así, la única relación que podemos establecer entre las entidades y los atributos es a través de las proposiciones que están expresadas dentro de una teoría, pues no tenemos acceso a las propiedades puras de los objetos, sino que nuestra relación con los objetos está siempre mediada por la teoría y expresada mediante categorías lógicas y lingüísticas.

No obstante, Schaffner considera que el modelo de Nagel es esencialmente correcto, pero permite que la teoría reductora corrija a la reducida y el suelo común a partir del cual se pueden comparar las teorías es la extensión de los términos, relacionados mediante la función reducción. Creemos que este suelo común, la identidad, es una proposición de orden ontológico y que tiene un alcance mayor al que podría permitir Nagel, pues, aunque se están relacionando términos, la razón por la cual pueden equipararse los mismos se debe a que son lo mismo, a pesar de que entre teorías haya, a falta de un mejor término, inconmensurabilidad.⁷⁰ Sin embargo, Schaffner sigue pensando que la reducción es entre teorías, no obstante, hay que derivar una teoría T^* de T_2 que sirva para reducir a T_1 , cuya virtud sea ser «fuertemente análoga» e isomórfica. Lo importante a resaltar en este punto es que esta posición ontológica no es necesaria para el reduccionismo interteórico, pues esta puede considerar que las teorías no reflejan ninguna tesis ontológica, sino que son útiles o puramente epistemológicas, dejando un signo de interrogación respecto a su ontología.

b. Reduccionismo explicativo

El segundo tipo de reduccionismo, de acuerdo con Sarkar, es el que se compromete con que reducir es un modo de explicar. Muchas críticas se han hecho a la visión heredada y al modelo de Nagel, mismo que está en consonancia con el modelo de explicación hipotético-deductivo de Hempel. Reiterando, la crítica es que cuando Nagel o Schaffner reconstruyen lo que consideran que son las ciencias crean un modelo altamente idealizado que parece no tener

⁶⁹ Nagel, Ernest, *op. cit.*, p. 364. (Traducción del original: [T]he conception ignores the crucial point that the "natures" of things, and of the "elementary constituents" of things, are not accessible to direct inspection and that we cannot read off by simple inspection what it is they do or do not imply. Such "natures" must be stated as a theory and are not the objects of observation...)

⁷⁰ Como vimos en el capítulo pasado, Schaffner toma en cuenta los avances hechos por Kuhn y Feyerabend para formular que la teoría reductora, aunque no comparta la misma ontología, puede corregir a la reducida y eventualmente reemplazarla.

una relación con lo que realmente sucede en las ciencias, especialmente las que no están formalizadas. En ese sentido, una de las alternativas al modelo de explicación nomológico-deductivo, consiste, entre otros, en observar que lo que se está tratando de hacer con la reducción es explicar el todo a partir de las partes.

En ese sentido, explicar consistiría en mostrar cómo es que el todo es posible gracias a la interacción de las partes. Lo interesante acerca de este modelo, es que no requiere que la relación parte-todo sea una relación entre la teoría que trata el todo y la teoría que trata las partes. Sino que admite otro tipo de patrones explicativos que no son teóricos, por ejemplo, la reducción puede implicar modelos, mecanismos, reglas semiempíricas o generalizaciones cuyo ámbito de aplicación es local. De acuerdo con Sarkar:

[L]a explicación científica es con frecuencia "desordenada" e implica el uso de reglas semiempíricas y la invocación de mecanismos que no forman parte de ninguna teoría cabalmente explicada. En el mejor de los casos, la explicación implica el uso de un fragmento de una teoría. La reducción, en tales circunstancias, sólo puede interpretarse como una relación entre tales reglas, mecanismos o fragmentos.⁷¹

Por otro lado, el reduccionismo explicativo reconoce explícitamente que la reducción son relaciones parte-todo, cosa que no está explicitada en Nagel o Schaffner.

i. Alternativas al modelo de explicación nomológico deductivo en autores reduccionistas

Es importante resaltar que estas críticas al modelo de explicación han generado nuevos modelos que son aplicables a ciencias como las de la vida, mientras que los compromisos que estas explicaciones tienen es que las mismas son del tipo parte-todo. Históricamente Wesley Salmon, James Greeno y Richard Jeffrey hicieron un modelo que consideran una alternativa al modelo de explicación estadístico-inductivo de Hempel. Este último modelo fue desarrollado para dar cuenta de las explicaciones probabilísticas. Hempel menciona que, en ciertas explicaciones científicas razonables, el *explanandum* no es derivado del *explanans*, sino que es altamente probable el *explanandum*, más no se sigue con necesidad lógica.⁷²

⁷¹ Sahotra, Sarkar. «Models of Reduction...», *op. cit.*, p. 176. (Traducción del original: «[S]cientific explanation is often 'messy' and involves the use of semi empirical rules and the invocation of mechanisms that do not form part of any fully explicated theory. At best, in such cases, explanation involves the use of a fragment of a theory. Reduction, in such circumstances, can only be construed as a relation between such rules, mechanisms or fragments».)

⁷² Hempel, Carl G. *Deductive-nomological vs. statistical explanation*. En *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. III (eds H. Feigl & G. Maxwell). 1962, pp. 98–169.

Los desacuerdos de los autores con el modelo estadístico-inductivo son, a grandes rasgos, que las explicaciones estadísticas no son argumentos sino «un ensamblaje de hechos estadísticamente relevantes para el *explanandum* sin importar el grado de probabilidad que resulte». ⁷³ En ese sentido, la relación entre *explanans* y *explanandum* sería óptica, pues se da relación entre hechos que tienen una cierta probabilidad. La manera en que esto difiere del modelo estadístico-inductivo de Hempel es que este quiere conservar la universalidad de las leyes estadísticas aplicándolas a variables y no a entidades individuales, mientras que el modelo de Salmon toma como *explanandum* un fenómeno concreto y la explicación, por lo tanto, son los hechos relevantes para *ese* fenómeno, cosa que resuelve el problema de los eventos altamente improbables que parecería que no tienen explicación, pues en Hempel una explicación debe ser algo altamente probable y los *outliers* son considerados como una aberración estadística no universalizable y, por ende, no tiene lugar en su modelo de explicación. Este modelo basado en hechos probables lo podemos ver primordialmente como un modelo óptico de la explicación en oposición a un modelo lingüístico. Como veremos, científicos como Salmon y Wimsatt consideran que las explicaciones de la ciencia siguen este modelo de explicación que, en última instancia, es un modo de reducción explicativa.

Los eventos estadísticamente relevantes echan mano de las probabilidades condicionales. Estas pueden definirse intuitivamente como la probabilidad de un evento *dado que* ocurrió otro. Así, un evento estadísticamente relevante es aquél que hace una diferencia para el *explanandum*, es decir, si quitamos el evento condicionante, la probabilidad de ocurrencia del *explanandum* cambia. Dicho de otra manera, los eventos estadísticamente relevantes no son independientes, pues dos eventos son estadísticamente irrelevantes cuando la probabilidad de que ocurra uno dado que ocurrió otro es la misma que si ese otro no hubiera ocurrido nunca. Un ejemplo clásico es la probabilidad de que la tirada de un dado dé como resultado un número par dado que la tirada pasada ocurrió un número impar. En este caso, si el dado no está trucado, la probabilidad no cambia, siempre será 0.5, pues las tiradas son eventos independientes.

Por otro lado, un caso de probabilidad condicional sería, por ejemplo, la probabilidad de obtener una buena nota en un examen dado que se estudió durante el semestre. Ciertamente

⁷³ Salmon, Wesley C. *Statistical explanation and statistical relevance*. University of Pittsburgh Press, 1971, p. 11.

hay una relación entre el conocimiento adquirido por estudiar y el obtener un resultado favorable en el examen. En ese sentido, estudiar es estadísticamente relevante para obtener un buen resultado, pero no es algo seguro que pueda deducirse. En el modelo estadístico-inductivo, el hecho de que un estudiante repruebe habiendo estudiado sería una rareza descartable, pues la regla estadística universal sería que, a mayor estudio, mayor probabilidad de pasar un examen. Sin embargo, el modelo de Salmon puede explicar el fenómeno concreto de haber reprobado un examen a pesar de haber estudiado, *remitiéndose al ensamblaje de hechos que condujeron a ese resultado*. Puede ser que no estudiase con el método más correcto, o que ese día tuvo una infección en el estómago o estaba confundido por haber dormido poco, etc. Todos estos eventos estadísticamente relevantes constituyen una explicación de un fenómeno que es, como veíamos, independiente del grado de certeza inductiva que tengamos.

De acuerdo con Sarkar, Wimsatt toma los factores estadísticamente relevantes de Salmon y los modifica para proponer los factores causalmente relevantes.⁷⁴ La razón principal de esto, es que el autor está interesado en el reduccionismo explicativo, mismo que considera que es una estrategia válida y no periférica de la ciencia biológica.⁷⁵ Sin embargo, para que el reduccionismo sea visto como una importante herramienta heurística, necesita revertir el giro lingüístico de la filosofía de la ciencia, lo que significa, en última instancia, avalar un cierto tipo de realismo al menos en cuanto a la ciencia biológica se refiere.⁷⁶

⁷⁴ Sahotra, Sarkar. «Models of reduction...», *op. cit.*, p. 176.

⁷⁵ En un trabajo posterior, Schaffner afirma que la reducción sucede de manera periférica al desarrollo de las ciencias, por lo que la eventual reducción entre la biología molecular sería un resultado de un programa que no se propone a hacer dicha reducción. *Cfr.* Schaffner, Kenneth F. «The peripherality of reductionism in the development of molecular biology». *Journal of the History of Biology*, vol. 7, n.º 1, 1974, pp. 111-39.

⁷⁶ En este trabajo no pretendemos abordar la discusión sobre el realismo que está latente cuando queremos pasar de un reduccionismo entre teorías (que es fundamentalmente entre términos y no necesariamente entre entidades) a un reduccionismo óntico, ya sea entre hechos o mecanismos. El problema epistemológico se remite por lo menos hasta Descartes y tiene que ver con si tenemos buenas razones para afirmar que los fenómenos tienen una existencia objetiva e independiente. Considerar, como Nagel, a las propiedades o esencias de las cosas como inaccesibles y ver como una necesidad el permanecer en el terreno lingüístico es importante para entender por qué hubo un giro lingüístico en primer lugar y entender por qué hay autores que se rehúsan a hablar de entidades y propiedades, prefiriendo hablar de términos-entidad y términos-propiedad (o términos-atributo). Por el momento baste una respuesta contextualista, por lo que consideraremos que en la práctica científica se toma como un hecho que existen mecanismos y propiedades, y reservamos la discusión sobre la naturaleza última de los fenómenos a contextos altamente especializados relacionados con la epistemología de la ciencia y preguntas básicas como la existencia del mundo externo. Tal debate está fuera de los objetivos de este trabajo. Para una discusión más detallada sobre el enfoque contextualista para delimitar el problema de la naturaleza ontológica del mundo externo, véase: De Rose, K. 1995. "Solving the Skeptical Problem", *Philosophical Review*, 104: 1-52; DeRose, K. 1999, «Contextualism: An Explanation and Defense», en *Epistemology*, J. Greco & E. Sosa, (eds.) Basil Blackwell, Oxford, pp. 187-205.

En un contexto en el que el reduccionismo es una buena estrategia de investigación, la mejor forma de explicar las propiedades de las entidades de nivel superior es a partir de las propiedades y la interrelación de las entidades de nivel inferior.⁷⁷

Como vemos, Wimsatt está comprometido con un enfoque óntico y con la idea de que las propiedades de alto nivel son compuestas por las propiedades de bajo nivel. A la vez que se señala que explicar tiene que ver con señalar cuáles son las entidades subyacentes a los fenómenos que observamos. Por otro lado, una buena explicación consiste en tomar las propiedades y entidades de un nivel de organización inferior para explicar las propiedades de nivel superior.

A su vez, el enfoque acerca de las explicaciones constitutivas, de acuerdo con el autor, es causalista, dicho de otro modo, supone que las explicaciones constitutivas consisten en señalar cómo es que el fenómeno de nivel superior es *causado* por el nivel inferior:

Supongamos que el objetivo principal de la ciencia y de la reducción entre niveles es la explicación. Queremos ser capaces de explicar cada fenómeno bajo cada descripción informativa mostrando primero, si es posible, cómo es un producto de la interacción causal a su propio nivel, pero excluyendo eso, cómo es un producto de las interacciones causales a niveles inferiores.⁷⁸

El problema de la relevancia para las explicaciones tiene que ver con que el modelo nomológico deductivo permite hacer explicaciones que en última instancia son falsas debido a que les hace falta cumplir con el criterio de relevancia. Un ejemplo típico es la explicación de la sombra de un asta. Si seguimos el modelo nomológico-deductivo, encontraremos que las condiciones iniciales son la longitud del asta y el ángulo de elevación del sol. Si consideramos ambas condiciones, veremos que se forma un triángulo rectángulo entre la sombra proyectada y la tangente del ángulo de elevación. Reemplazando los términos diremos que la sombra proyectada es el cateto adyacente, que la altura es el cateto opuesto y usaremos la tangente del ángulo de elevación para calcular la altura del cateto opuesto de acuerdo con la definición trigonométrica de la tangente de α . De ahí que podamos aplicarla y saber que el cateto adyacente es igual al cateto opuesto sobre la tangente de α . Realizando

⁷⁷ Wimsatt, William C. «Reductive explanation: A functional account». Cambridge University Press, 1974, p. 680. (Traducción del original: «[I]n a universe where reductionism is a good research strategy, the properties of higher level entities are predominantly best explained in terms of the properties and interrelation of lower level entities».)

⁷⁸ Wimsatt, William, C., *op. cit.*, p. 689. (Traducción del original: « Suppose that the primary aim of science and of inter-level reduction is explanation. We wish to be able to explain every phenomenon under every informative description by showing first, if possible, how it is a product of causal interaction at its own level but barring that how it is a product of causal interactions at lower levels».)

las operaciones pertinentes, resolvemos la distancia del cateto adyacente aplicando la fórmula.

Sin embargo, la misma fórmula permite explicar la altura del edificio a partir de la sombra del asta y el ángulo de elevación del sol. No obstante, eso no es relevante porque la sombra no explica la altura del asta, pero el modelo nomológico deductivo no permite establecer una determinación relevante para restringir este tipo de explicaciones. De ahí que la *relevancia* sea de especial interés para filósofos de la ciencia como Salmon o Wimsatt. Más adelante veremos que para Craver es sumamente importante la relevancia para construir un modelo alternativo de explicación al nomológico-deductivo y al modelo estadístico inductivo.

En suma, el reduccionismo explicativo está interesado en relaciones parte-todo, no está comprometido con que las explicaciones sean teorías y se compromete con una visión óptica de las explicaciones en oposición a una visión lingüística de las mismas. Dicho de otro modo, considera que las explicaciones no son argumentos sino relaciones entre cosas, en particular relaciones entre fenómenos y mecanismos subyacentes. La práctica científica en muchos sentidos consiste en buscar esos mecanismos que forman el *explanans* de esos fenómenos, de ahí que autores como Sahotra Sarkar consideren que este tipo de reduccionismo es el más cercano a la práctica científica.⁷⁹

c. Reduccionismo constitutivo

Un último tipo de reduccionismo es el constitutivo mismo que, de acuerdo con Sarkar, consiste en la tesis de que los fenómenos de alto nivel (*higher-level phenomena*) están constituidos por fenómenos de bajo nivel (*lower-level phenomena*), y que los fenómenos de nivel superior tienen que ser consistentes con las reglas que gobiernan a los fenómenos de nivel inferior. Por lo tanto, este tipo de reduccionismo requiere necesariamente que la naturaleza esté dividida en niveles de organización.⁸⁰ En esta sección nos concentraremos en la tesis de superveniencia, de Donald Davidson, y en la aseveración *en principio* del fisicalismo, de Alex Rosenberg. La razón de elegir a ambos autores es porque a partir de ellos se intenta solucionar el problema de la múltiple realizabilidad que presentaba el reduccionismo interteórico el capítulo pasado.

⁷⁹ Sahotra, Sarkar. «Models of reduction...», *op. cit.*

⁸⁰ *Idem.*, p. 171.

Donald Davidson señala que hay una aparente anomalía en la naturaleza de los eventos mentales y los eventos físicos. En ese sentido parece que todos los eventos físicos son causales y, por lo tanto, siguen leyes definidas, pero no parece ser el caso que eventos mentales sigan leyes estrictas, pues cosas como la intencionalidad o el libre albedrío impiden que podamos determinarlos a partir de leyes psicofísicas, por ejemplo. En ese sentido plantea tres principios que se encuentran en tensión unos con otros.

El primero es el principio de interacción causal, este nos dice que los eventos mentales interactúan causalmente con los eventos físicos. Así, pensamientos, deseos, intenciones, etc., pueden ocasionar eventos como el hundimiento del Bismark, y eventos como la percepción indican una influencia de los eventos físicos en los eventos mentales como la captación del sonido o el color. El segundo es el principio del carácter nomológico de la causalidad. En él se dice que todas las relaciones causa-efecto están dadas a partir de leyes estrictamente determinadas. Por último, el principio de la anomalía de lo mental dice que no hay leyes estrictamente deterministas relacionadas con eventos mentales.

Sin embargo, la aparente inconsistencia de los principios la resuelve con la tesis de superveniencia. Digamos que es empíricamente cierto que los eventos mentales causan eventos físicos. Así, mi deseo de escribir estas líneas ocasiona que mueva mis dedos y estos tienen una influencia causal en la computadora. Un mapeo de esta relación causal puede hacerse a nivel físico invocando todas las leyes del movimiento que intervienen en mi poder actuar causalmente en esta computadora. No obstante, la naturaleza de lo mental impide que haya leyes deterministas. Si este es el caso, entonces lo que permite la relación de causalidad entre el evento «desear escribir estas líneas» y «escribir en un teclado» tiene que ser algo físico estrictamente determinado por leyes causales.

Sin embargo, el evento mental no es físico ni puede seguir leyes causales. Así, cuando deseo escribir unas líneas, ocurre en mí un cambio físico y dado que ocurrió en mí ese evento físico, deseo, por lo tanto, escribir esas líneas.⁸¹ En ese sentido, mi deseo de escribir superviene de un evento físico y si yo quiero describir cómo es que mi deseo de escribir causó que se presionaran las teclas del teclado, la respuesta es que en tanto que mi deseo de escribir

⁸¹ Esto ocurriría si tan solo nos delimitamos a considerar *este* evento, pues podría ser que una base física constituyera otro tipo de eventos mentales.

superviene de un estado físico, fue causa del evento físico. Pero la flecha causal, estrictamente determinada por leyes, es puramente física (i.e. interacción entre regiones del cerebro relacionadas con el deseo y su influencia física en las redes nerviosas que controlan mis manos). En ese sentido, los eventos mentales son idénticos a los eventos físicos, pero al expresar una diferencia categorial, decimos que no es posible hacer una descripción de los fenómenos mentales en términos puramente físicos. En suma, los eventos mentales tienen una relación de superveniencia con los eventos físicos, pero no son explicables solo a través del uso del lenguaje de términos físicos.

Aunque la postura que describo niega la existencia de leyes psicofísicas, es coherente con la opinión de que las características mentales son en cierto sentido dependientes, o supervenientes, de las características físicas. Tal superveniencia podría entenderse en el sentido de que no puede haber dos sucesos iguales en todos los aspectos físicos pero diferentes en algún aspecto mental, o que un objeto no puede alterarse en algún aspecto mental sin alterarse en algún aspecto físico.⁸²

En este punto podemos definir que la superveniencia entraña la imposibilidad de variación de lo mental sin un cambio en lo físico, si bien lo opuesto es posible. Un cabello mío puede crecer sin que eso altere mi estado mental, pero no puedo cambiar de estado mental sin que ello implique un cambio físico. Ahora bien, sobre esto Davidson argumenta que lo mental y lo físico son idénticos.

Supongamos que *m*, un suceso mental, ha causado *p*, un suceso físico; entonces, bajo alguna descripción, *m* y *p* instancian una ley estricta. [...] Pero si *m* cae bajo una ley física, tiene una descripción física, es decir, es un suceso físico. Un argumento análogo funciona cuando un suceso físico causa un suceso mental. Así pues, todo acontecimiento mental relacionado causalmente con un acontecimiento físico es un acontecimiento físico.⁸³

De este modo, debido a que lo mental no puede caer bajo una ley estricta, es necesario que toda relación causal sea entre alguna descripción del evento mental que sea física. De este modo, si tomamos un evento mental *m* y lo ponemos en relación con un evento físico *p*, decimos que *m* causa *p* implica que hay una descripción de *m* tal que *m* es un evento físico, por lo tanto, *m* es idéntico al estado físico que justifica la relación de causalidad entre lo

⁸² Davidson, Donald. «Mental events». *The Language and Thought Series*, Harvard University Press, 1980, p. 141. (Traducción del original: «Although the position I describe denies there are psychophysical laws, it is consistent with the view that mental characteristics are in some sense dependent, or supervenient, on physical characteristics. Such supervenience might be taken to mean that there cannot be two events alike in all physical respects but differing in some mental respect, or that an object cannot alter in some mental respect without altering in some physical respect».)

⁸³ *Ídem*. (Traducción del original: Suppose *m*, a mental event, caused *p*, a physical event; then under some description *m* and *p* instantiate a strict law. [...] But if *m* falls under a physical law, it has a physical description, which is to say it is a physical event. An analogous argument works when a physical event causes a mental event. So every mental event that is causally related to a physical event is a physical event».)

mental y lo físico. No obstante, esto no excluye la realidad de la descripción mental de *m*, dicho de otro modo, no puede haber una explicación física satisfactoria de *m* en tanto que expresada en términos mentales (mismas que refieren a eventos mentales).

En este punto podemos observar que hay algo que está en tensión con Davidson y es justamente la afirmación de identidad entre dos categorías de fenómenos que son cualitativamente distintos. Trasladándolo a nuestros términos, parece haber una necesidad de establecer una identidad sintética, solo que aquí en lugar de ser «la estrella de la mañana» y «la estrella de la tarde» son los eventos físicos y los eventos mentales, mismos que queremos unificar para tener una ontología más escasa que refleje nuestras intuiciones acerca de la identidad de estos eventos.

Otra cosa relevante es que desde el sentido común observamos que hay fenómenos que se manifiestan de manera múltiple y que parecen tener múltiples tipos de explicaciones a pesar de ser una sola cosa. Esto es sumamente evidente en el reino de lo mental y lo corporal, por un lado, tenemos el sentido interno del cuerpo y por el otro lado observamos a nuestro cuerpo como un fenómeno entre fenómenos que sigue leyes físicas definidas. Nuestro punto no es aquí hacer un análisis de fenómenos mentales y fenómenos físicos, sino señalar que aparentemente la naturaleza tiende a expresarse de modos distintos en categoría, pero iguales en tanto que se predicán de la misma entidad. Consideramos que la perplejidad que esto produce es una de las motivaciones centrales del reduccionismo constitutivo.

i. Múltiple realizabilidad y superveniencia

El siguiente reduccionismo constitutivo que revisaremos es el de Alex Rosenberg y se puede expresar como la afirmación de reductibilidad *en principio* de todos los fenómenos al nivel físico. Al menos en parte, este modelo está construido sobre el concepto de superveniencia de Davidson. Como veíamos en el capítulo primero, una de las críticas más reconocidas, incluso entre los defensores del reduccionismo, es la que hace David Hull hacia la idea de que se puede reducir la genética mendeliana a la genética molecular. Una de las condiciones que revisamos es que, de acuerdo con Schaffner, debe haber una relación isomórfica, lo cual implica una correspondencia uno-a-uno entre predicados-entidad y predicados-atributo que relacionen mediante funciones reducción términos entre la teoría reductora y la teoría reducida.

Esta tesis, central al reduccionismo interteórico de Schaffner, tiene como objeción que existe la múltiple realizabilidad; es decir, un gen molecular puede tener más de una expresión en términos de genes mendelianos, y genes mendelianos pueden tener más de una base molecular. Esto produce una relación muchos-a-muchos y, por lo tanto, no se puede establecer una relación uno-a-uno entre los términos moleculares y los mendelianos, y esto implica que no se puede cumplir con el requisito del isomorfismo y la correlación uno-a-uno entre teoría reductora y reducida.

Una de las respuestas a este problema, nos indica Rosenberg, es que, si bien es verdad que la relación es muchos-a-muchos, ciertamente cuando se instancia una propiedad en el dominio de la genética mendeliana, le debe corresponder un solo mecanismo molecular.⁸⁴ Sin embargo, la respuesta de Hull a este contraargumento es que ya no estaríamos hablando del reduccionismo que Schaffner propone, pues este quiere establecer relaciones entre clases naturales, y cuando decimos que a una propiedad dada le corresponde una sola entidad molecular, estamos hablando de una relación entre casos o tokens. Dicho de otro modo, un objetivo fundamental del reduccionismo interteórico es el establecimiento de leyes puente tal que cada que se da una clase natural, digamos, un gen dominante, a este le corresponde una sola clase natural dentro del dominio de la genética molecular.

Para resolver este problema, Rosenberg trae a la filosofía de la biología el concepto de superveniencia. Si recordamos, lo que dice este concepto es que no puede haber dos eventos iguales en todos sus aspectos físicos que difieran en algo mental, además de que no puede haber alteración mental sin que esta implique una alteración física. Rosenberg nos invita a construir dos conjuntos de propiedades, uno es M y el otro es L, donde M es el conjunto de predicados mendelianos y L es el conjunto de predicados de la biología molecular. En su primera definición, nos dice que los predicados que pertenecen a M son supervenientes a los predicados de L.

Así no puede haber dos predicados que sean iguales en L y que difieran en M y no puede haber cambios en predicados de M sin cambios en predicados de L. A su vez, podemos construir un M* y L* donde M* es el conjunto de todas las propiedades que se pueden

⁸⁴ Rosenberg, Alexander. «The supervenience of biological concepts». *Philosophy of Science*, vol. 45, n.º 3, 1978, p. 380.

construir en M, mientras que L^* es el conjunto de todas las propiedades que se pueden escribir en L. De este modo:

El conjunto de predicados mendelianos, M, es superveniente sobre el conjunto de predicados moleculares, L, si y sólo si dos elementos cualesquiera que tengan ambos las mismas propiedades en el conjunto L^* , tienen también las mismas propiedades en M^* .⁸⁵

Una vez establecidas las condiciones de superveniencia, Rosenberg nos invita a pensar en un conjunto cuyos elementos sean todas las posibles propiedades exhaustivas y mutuamente excluyentes que puedan instanciar los individuos en el nivel del cual dependen los conceptos mendelianos, el cual es L , y le da el nombre de L_e . Este conjunto consiste en las propiedades (exhaustivas y mutuamente excluyentes) que están instanciadas en un fenómeno individual l , llamémoslo L_{el} . Sin embargo, este conjunto que expresa las propiedades que están instanciadas en cada uno de los tokens posibles l_i es por naturaleza incomputable porque requiere que conozcamos todas las propiedades posibles que justifican todos los estados de cosas, o tokens, posibles de L^* .

En ese sentido, la aseveración de que a todo caso l_i le corresponde un elemento exhaustivo y mutuamente excluyente del conjunto L_e , llamado L_{ei} es algo que se puede afirmar *en principio* sobre la base de que todos los casos individuales son la manifestación de un complejo de propiedades determinado, pero no puede comprobarse. La conclusión es que a un elemento de L_{ei} le corresponderá un solo caso en términos mendelianos, dado que es el reflejo completo y exhaustivo de un caso l en términos de propiedades. Ahora bien, esta relación no indica que los elementos de L_e sean clases naturales, pues:

Pero el tipo de reducción que permite la superveniencia no requiere que ambos conjuntos de términos describan "clases naturales" y, por tanto, invalida la exigencia de Hull de que "descubramos clases naturales en las dos teorías que puedan relacionarse sistemáticamente con funciones reducción".⁸⁶

Lo que nos parece importante observar en este reduccionismo es que Rosenberg está tratando de resolver el problema que hay entre dos grupos de términos que descriptivamente no son iguales, pero que refieren a un mismo fenómeno que al menos es numéricamente igual. En

⁸⁵ *Ibid.*, p. 382. (Traducción del original: «The set of Mendelian predicates, M, is supervenient on the set of molecular predicates, L, if and only if any two items that both have the same properties in the set L^* , also have the same properties in M^* ».)

⁸⁶ *Ibid.*, p. 384. (Traducción del original: «But the kind of reduction that supervenience allows of does not require that both sets of terms describe "natural kinds" and thus undercuts Hull's demand that we "discover natural kinds in the two theories which can be related systematically in reduction functions"».)

este caso, Rosenberg toma la identidad del término-cosa como algo ya dado y poco problemático, pues cuando decimos que hay un token mendeliano que manifiesta un solo mecanismo molecular, estamos reconociendo la identidad entre los términos cuando hablamos de tokens. Lo que parece querer resolver es la afirmación de que todos los eventos son físicos y, por lo tanto, se sirve de la superveniencia para hablar de una dependencia de lo que podemos describir en términos mendelianos a lo que podemos describir en términos moleculares.

De este modo, todo rasgo mendeliano superviene de un rasgo molecular, es decir, si observamos el fenómeno «cabello negro» sabemos que hay una base molecular que lo justifica, pero al ser la relación de superveniencia, decimos que no podemos tener una descripción satisfactoria del fenómeno que queremos explicar refiriéndonos exclusivamente a la base molecular. En ese sentido, los dos lados de la función reducción entre eventos moleculares y rasgos mendelianos, no tienen una relación de corrección entre unos y otros, sino una relación de dependencia sin reducción. Debido a esto, autores como Jean Dupré⁸⁷ han considerado que la relación de superveniencia es un argumento en contra del reduccionismo.

Nosotros por nuestra parte consideramos que hay un reduccionismo en el sentido de que todo evento mendeliano tiene una base molecular, es decir, todo evento mendeliano *es* un evento molecular, porque no puede haber variación mendeliana sin variación molecular. No obstante, es insatisfactorio decir que el evento mendeliano es totalmente explicable por su base molecular, necesitamos, por lo tanto, del lenguaje y las propiedades que se dan en el nivel mendeliano. *Los explicadores, mendelianos o mentales, que supervienen de las bases moleculares en Rosenberg o físicas en Davidson son lo que llamamos la variación intensional, mientras que la identidad entre las dos clases de eventos sería la equivalencia extensional.*

Por otro lado, cabe resaltar nuevamente que la solución al problema de la múltiple realizabilidad sucede cuando dejamos de pensar en clases naturales y comenzamos a pensar en eventos y en eso consiste una distinción entre el reduccionismo constitutivo y el

⁸⁷ Dupré, John. «It is not Possible to Reduce Biological Explanations to Explanations in Chemistry and/or Physics». *Processes of Life: Essays in the Philosophy of Biology*, editado por John Dupré, Oxford University Press, 2012, p. 0. *Silverchair*, <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199691982.003.0009>.

interteórico, mismo que sobrevive hasta nuestros días porque no es afectado por el problema de la múltiple realizabilidad. Este reduccionismo constitutivo, en general, reduce entidades, pero integra propiedades. En lo sucesivo revisaremos por qué es necesario identificar entidades y cuáles son los criterios para hacerlo, además de una discusión sobre la identificación de propiedades cosa que nos ayudará a fundamentar el modelo de reduccionismo constitutivo que buscamos.

II. Desarrollos relativos al papel de la identidad en la reducción

Antes de proceder a elaborar el modelo de reducción sintética, mismo que creemos que se encuentra como una intuición básica en los reduccionismos constitutivos que hemos revisado. Consideramos que es necesaria una revisión de la literatura con respecto a los criterios de identidad que son importantes para la reducción ontológica. En este caso, revisaremos a autores como Clifford Hooker y Robert Causey dado que son filósofos que tomaron expresamente el problema de las identidades y su papel en la reducción. Esta revisión no obstante, no pretende ser exhaustiva, sino que pretendemos utilizar solo aquellas partes de sus teorías que sean relevantes a nuestra descripción del reduccionismo sintético. La razón de incorporar esto estriba en clarificar algunos términos que hemos utilizado y utilizaremos después. Particularmente nos interesan los criterios de identidad para cosas y propiedades.

a. Ley de Leibniz

Para comenzar a hablar de la identidad consideramos apropiado hablar de la llamada ley de Leibniz. Así, de acuerdo con la Enciclopedia Filosófica de Standford⁸⁸ cuando hablamos de identidad nos referimos a identidad numérica o identidad cualitativa. La primera es la relación que un objeto tiene consigo mismo y nada más. Si bien esto es una definición circular, lo que nos dice la definición es que dos cosas no pueden compartir exactamente las mismas propiedades y ser diferentes entre sí. Esto se conoce como el principio de los indiscernibles o ley de Leibniz y podemos expresarlo como “si x es idéntico a y , todo lo que es verdadero de x es, por lo tanto, verdadero de y ”. A su vez, la contrapositiva de este

⁸⁸ Noonan, Harold and Ben Curtis, «Identity», *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2022 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2022/entries/identity/>>.

principio nos puede servir para distinguir a entidades distintas ya que, “si algo es verdadero de x y falso de y , por lo tanto, x y y no son idénticos”.

De acuerdo con la misma fuente, la ley de Leibniz no debe confundirse con el principio de sustituibilidad. Este nos dice que “si ‘a’ y ‘b’ son codesignadores, son sustituibles en todas partes *salva veritate*. Sin embargo, este argumento no es universal ya que, por ejemplo, se puede afirmar «Hesperus» y «Phosphorus» son idénticos, pero no son intersustituibles. Por ejemplo, «Hesperus» tiene ocho letras, mientras que «Phosphorus» tiene diez, esto no cumple ese requisito. Lo importante en este caso es notar que la ley de Leibniz no está sujeta a este tipo de objeciones ya que no señala la intersustituibilidad de los codesignadores en ninguna parte.⁸⁹

b. Identidad contingente

Otro concepto importante es el de identidad contingente, mismo que designa identidades que no son analíticas. Por ejemplo, cuando se habla de la identidad de la energía cinética con el calor, nada hay en el concepto de calor que determine analíticamente que se trata de energía cinética, ni viceversa. Sin embargo, Saul Kripke ha cuestionado esta visión proponiendo el concepto de designador rígido, el cual nos dice que un enunciado de identidad es necesariamente verdadero independientemente de si el concepto es analítico o sintético, pues la identidad es una verdad necesaria en todos los mundos posibles.⁹⁰ Es decir, no puede ser que sea el caso que algo no sea idéntico a sí mismo, aunque la verdad sea obtenida por vías empíricas. Al respecto se ha formado un importante debate, sin embargo, no ahondaremos en esa discusión por llevarnos muy lejos de nuestros propósitos.

c. Identidad entre entidades

En el campo de la reducción en ciencias (incluyendo a la biología) C. A. Hooker⁹¹ desarrolla una teoría realista de la identidad. El autor sigue la línea de Kenneth Schaffner y desarrolla una ontología básica de la identidad. En este texto, distingue tres tipos de relaciones de intimidad (i) correlación; (ii) conexión nomológica, y (iii) identidad. Para ejemplificarlo nos habla de dos relojes, si la relación es (i) tenemos dos relojes sincronizados para dar la hora al

⁸⁹ *Ídem*.

⁹⁰ Kripke, Saul A. *Naming and necessity*. Harvard University Press, 1980.

⁹¹ Hooker, Clifford A. «Towards a general theory of reduction. Part II: identity in reduction». *Dialogue: Canadian Philosophical Review/Revue canadienne de philosophie*, vol. 20, n.º 2, 1981, pp. 201-36.

mismo tiempo, en el caso de (ii) tenemos dos relojes causalmente conectados de manera que el movimiento del primer reloj produce el movimiento del segundo reloj, y en el caso de (iii) tenemos un reloj visto a través de dos espejos diferentes.

En el caso de la identidad, la metáfora de los relojes nos puede aportar más claridad. La identidad es uno y el mismo objeto que es visto a través de diferentes perspectivas. Las correlaciones y las conexiones nomológicas no cumplen el propósito de mostrar que dos fenómenos son idénticos, porque en el primer caso hay relaciones sincrónicas, pero diferencia espacial, mientras que en el segundo caso hay conexión causal determinada por leyes del movimiento (en este ejemplo), pero los relojes no están localizados en el mismo tiempo y lugar. En cambio, en el caso (iii) los relojes son idénticos porque comparten el mismo espacio y tiempo, mientras que el espejo es la perspectiva a través de la cual se mira al mismo fenómeno. Con este ejemplo, Robert Hooker quiere mostrar que la correlación y la conexión nomológica no son relaciones de identidad, sino solo aquella relativa a diferentes perspectivas sobre un mismo objeto. La manera de garantizar esto es la coherencia metafísica, es decir, el darse del fenómeno en la misma región espacio temporal lo cual sería, según nosotros, el garante de la equivalencia extensional, aunque ambos espejos reflejan de manera diferente al reloj, lo cual señala que hay una diferencia en la intensión dentro de esta metáfora.

En este punto se podría argumentar que estamos tratando de ajustar con calzador todas las versiones de la identidad con el modelo de equivalencia extensional y diversidad intensional, sin embargo, creemos que no es el caso. En esta metáfora, por ejemplo, podemos acomodar de manera natural la diferencia en perspectiva (imágenes en los espejos) que sobre un mismo objeto (el reloj) se hace.

i. Ventajas de la relación de identidad

De acuerdo con Hooker hay tres ventajas que nos permite el uso de la identidad en la reducción. La primera es *la preservación del patrón de explicación de la teoría reducida*, pues, en efecto, la identidad es una relación que va hacia los dos lados, cosa que se puede entrever en la definición formal de la ley de Leibniz:

$$\forall F(Fx \leftrightarrow Fy) \rightarrow x=y.$$

Esta indica que para toda propiedad F, el objeto x tiene la propiedad F si, y solo si, el objeto y tiene la propiedad F, por lo tanto, x es igual a y. La preservación del patrón de explicación

en este caso es evidente ya que la ley de Leibniz es un bicondicional, lo cual quiere decir que podemos reemplazar cualquiera de los lados con el otro, ello implica que la verdad de cualquiera de los dos lados tiene que preservarse, en ese sentido, este principio es conservativo y no sustitutivo. Por ejemplo, si yo considero que la mente y el cuerpo son lo mismo, de acuerdo con la ley de Leibniz, para toda propiedad F, si la mente tiene la propiedad F, el cerebro tiene la propiedad F, y viceversa. No hay reemplazo, hay unificación ontológica basada en la simetría de la identidad. A su vez, si a esto añadimos que la identidad es un solo objeto visto desde dos perspectivas distintas, obtenemos un tipo de reduccionismo que tiene como elemento central a la identidad sintética.

La segunda ventaja es, de acuerdo con el autor, *la simplificación ontológica*. Así, tenemos menos *números* de cosas, menos *tipos* de cosas y, por lo tanto, menos leyes básicas que gobiernen a esas cosas. Las dos últimas partes de este argumento son susceptibles a la crítica de la múltiple realizabilidad, pues, como veíamos, la identidad es problemática cuando se pretende que sea entre tipos de cosas, pues no es claro, por ejemplo, que una base molecular sea siempre idéntica a una propiedad mendeliana o, en general, que una propiedad de bajo nivel sea idéntica a una propiedad de alto nivel. Por esa razón, por el momento solo aceptamos la simplicidad ontológica cuando se refiere a cosas concretas, es decir, solo reconocemos la simplicidad numérica.

La tercera ventaja es la de *coherencia metafísica*. De acuerdo con el autor, existen principios metafísicos que garantizan la singularidad de la aplicación de la identidad. Uno de ellos es que dos cosas no pueden ocupar el mismo volumen espaciotemporal.⁹² Creemos que esta noción es de suma importancia y nos remite al ejemplo de los espejos que reflejan el mismo reloj desde diferentes ángulos. Si utilizamos las leyes de la óptica, como la ley de la refracción, podremos singularizar espaciotemporalmente el fenómeno y aunque presente diferentes propiedades, sabemos que sería metafísicamente incoherente decir que dos cosas que ocupan el mismo espacio son diferentes. Este ejemplo trivial nos permite entender empíricamente por qué creemos que una reducción numérica es prácticamente imprescindible, aunque no sea lógicamente necesaria. No hay tantos espejos como reflejos y, si este es el caso, tenemos que establecer funciones reducción que nos permitan de manera

⁹² *Ibid.*, p. 203.

concreta disminuir el número de entidades fundamentando nuestra necesidad de reducción en esta tesis metafísica que hemos venido defendiendo a lo largo de este ensayo.

ii. *Formulación general de la identidad entre cosas*

Otro autor que desarrolla el papel de la identidad en la reducción es Robert L. Causey, mismo que en su artículo “Attribute-Identities in Microreductions” argumenta que las identificaciones entre cosas no requieren explicación científica, sino justificación:

"Una muestra (macroscópica) de oro es una colección de átomos de oro" requiere una justificación. Pero una vez que se ha establecido su verdad, los científicos no intentan explicar causalmente por qué es verdad. Uno podría darle una explicación de cómo-posiblemente, pero eso es una cuestión diferente de explicar su verdad. Ahora observe que esta declaración sobre el oro podría ser una TIBL [Ley de Puente de Identidad-Cosa]. Afirmando que los TIBL requieren justificación, pero no requieren explicación.⁹³

Regresando al ejemplo de los relojes vistos desde varios espejos. La identificación de los reflejos, misma que producen los espejos producen en conjunción con la luz, se justifica por medio de las leyes de la óptica, las cuales nos permiten dar cuenta de que el mismo fenómeno del reloj sucede es responsable de ambos reflejos, lo cual nos da bases para su identificación. Los reflejos no son iguales, pero refieren a lo mismo, es decir, se predicen de la misma entidad: el reloj. Sin embargo, esto no es una explicación pues no explica *por qué* es lo mismo sino simplemente muestra *que* es lo mismo.

De este modo, en Causey, las identidades no requieren una explicación. En la introducción señalamos con el enunciado (iv) que es posible referirnos a un objeto de manera unitaria si nos referimos a él de manera déictica. Cuando hacemos esto tenemos la manera más cercana de afirmar referencia y esto está en concordancia con la coherencia metafísica que vimos más arriba. Así, esto no requiere explicación, requiere una justificación de por qué esa entidad es idéntica a las perspectivas que en un momento determinado estemos considerando sobre el evento. Pero este proceso no parte de un *explanans* que muestra un *explanandum*, sino que consiste en el acto de *mostrar* ya sea a través de la percepción directa o a través de instrumentos de experimentación. Por ejemplo, el espectrómetro infrarrojo NIRSpec del

⁹³ Causey, R. L. «Attribute-identities in microreductions». *The Journal of Philosophy*, vol. 69, n.º 14, 1972, p. 414. (Traducción del original: “A (macroscopic) sample of gold is a collection of gold atoms” requires justification. But once its truth has been established, scientists do not try to explain causally why it is true. One might give it a how-possibly explanation, but that is a different matter from explaining its truth. Now notice that this statement about gold could be a TIBL. I claim that TIBL’s require justification but do not require explanation.)

telescopio Webb⁹⁴ nos puede decir la composición química de la atmósfera de los planetas, pero sabemos que es el mismo que nos muestra una imagen ordinaria del planeta porque comparten la misma localización espaciotemporal.

Regresando a Hooker, él formula la identidad entre cosas de acuerdo con la ley de Leibniz para contextos teóricos de la siguiente manera:

[D]os términos de materia o cosa tienen el mismo referente si y sólo si el mismo conjunto de propiedades es atribuible a cada referente putativo en virtud de los roles teóricos de sus términos designadores.⁹⁵

Así, dos términos-cosa tienen el mismo referente si las mismas propiedades pueden ser atribuidas a cada uno de los términos designados en virtud de los roles teóricos de los términos designadores. Esto sigue el espíritu de mantener una misma referencia a pesar de la variación intensional que permite la diversidad teórica.

d. Identidad entre propiedades

Una propiedad es lo que se predica de un término de entidad en una teoría. El caso más intuitivo es el del lenguaje natural donde observamos objetos (entidades) y de ellas decimos que tienen ciertas características (propiedades) que usualmente asociamos al modo en que los objetos nos afectan, es decir, son actividades de los objetos. Es hasta cierto punto intuitivo determinar una misma entidad a través de diferentes perspectivas, tanto así que incluso las ciencias tendrán modos de identificar caso-por-caso según sus métodos de detección una misma cosa.

La identidad de propiedades es mucho más problemática. Creemos que la coherencia metafísica puede ser la responsable de esta dificultad. Cuando pensamos en términos de entidad y de referencias a objetos que podemos señalar ostensivamente como el lugar donde convergen las diferentes propiedades que podemos predicar de ellas, tenemos la ayuda de que se encuentran en un mismo lugar espaciotemporal como garante de la igualdad en la extensión. Sin embargo, no es contradictorio que dos propiedades distintas puedan ocurrir en las mismas coordenadas espaciales y temporales. Creemos que esto es evidente en sistemas

⁹⁴ *Near Infrared Spectrograph (NIRSpec) Instrument Webb/NASA*. Consultado en: <https://webb.nasa.gov/content/observatory/instruments/nirspec.html> el 22 de mayo de 2023.

⁹⁵ Hooker, Clifford A., *op. cit.*, p. 213. (Traducción del original: «[T]wo stuff or thing terms have the same referent if and only if the same set of properties are attributable to each putative referent in virtue of the theoretical roles of their designating terms».)

complejos como los seres humanos, por ejemplo, la propiedad «tener hambre» y la propiedad del cerebro de «notar cambios de hormonas y nutrientes en la sangre» para «disparar una señal de aviso» no es lo mismo. Podemos analizar todo lo que se quiera los cambios hormonales y las señales cerebrales, pero la ocurrencia sincrónica no es una garantía de que la capacidad es la misma, parece ser que tan solo es una correlación.

Ha habido intentos de solucionar este problema, por ejemplo, para Hooker el criterio para determinar que dos cosas son idénticas es el principio de sustitubilidad *salva veritate* restringido a contextos científicos, mismo que satisface la ley de Leibniz, el cual formula de la siguiente manera:

Los *designata* de dos predicados, P y Q, deben aceptarse como contingentemente idénticos si, y solo si, (P y Q no son lógicamente equivalentes y) (i) la extensión de P es idéntica a la de Q, y (ii) hay un homomorfismo entre la estructura abstracta determinada/determinable en la que está incrustado P y aquella en la que está incrustado Q, y (iii) hay un homomorfismo entre los roles nómicos de P y Q, todo como lo especifica la teoría.⁹⁶

De este modo, la condición es que los predicados de propiedad no sean lógicamente equivalentes. Si decimos que el predicado «ser soltero» y el predicado «ser no casado» son idénticos, bueno, pues ¡claro que sí!, pero dos enunciados analíticos son por definición lógicamente sinónimos y esos sí parecen poco problemáticos. Lo que queremos es una identidad entre dos predicados de propiedades que no signifiquen lo mismo, de preferencia, predicados que traten dos teorías diferentes.

Respecto a la condición (i) de la cita, observamos que la identidad referencial debe estar ya determinada y debe ser la misma, respecto a (ii) decimos que debe haber un homomorfismo en la estructura abstracta en la que está incrustado el objeto. Así la teoría T_1 tendrá un lugar para el término de entidad que pueda determinarse o que esté determinado y la teoría T_2 tendrá un lugar con las mismas características. Al estar en la misma estructura abstracta de ambas teorías, decimos que hay un homomorfismo en la localización abstracta del término de propiedad en teorías isomórficas y de ello se deduce que hay identidad entre las

⁹⁶ *Ibid.*, p. 219. Traducción del original: «The designata of two predicates, P, Q say, are to be accepted as contingently identical if and only if (P and Q are not logically equivalent and) (i) the extension of P is identical to that of Q, and (ii) there is a homomorphism between the abstract determinate/determinable structure in which P is embedded and that in which Q is embedded, and (iii) there is a homomorphism between the nomic roles of P and Q, all as specified by theory.»

propiedades. Si este es el caso, se sigue (iii) los roles nómicos deberán ser los mismos entre ambas teorías.

No obstante, no creemos que este sea el caso. Estamos con el primer punto que habla de la identidad referencial, pero la estructura abstracta que un objeto identificado por sus propiedades ocupa en una teoría, aunado a los roles nómicos que tiene dentro de la misma, no dice nada con necesidad sobre la identidad entre esas propiedades. Así, dos propiedades pueden ocupar los mismos roles nómicos y tener una estructura abstracta homomórfica, pero ser propiedades diferentes. Al menos esto no es lógicamente imposible.

Autores como Schaffner desarrollan la identidad de propiedades de manera más sucinta y aun así con reservas:

Usualmente la aparición simultánea y contigua de propiedades es tomada como evidencia de la identidad referencial de las propiedades, y ciertas analogías, especialmente las formales, son también relevantes. La atribución de la propiedad de valencia de los átomos de hidrógeno y la propiedad de los espines no restringidos del átomo de hidrógeno, y su “identificación” es un caso de ello.⁹⁷

Como vemos, volvemos a utilizar el caso de coherencia metafísica para poder identificar propiedades. Si se dan al mismo tiempo y en el mismo lugar, si aparecen o desaparecen juntas, eso significa que son iguales. Sin embargo, esta es una “identificación” (o pseudoidentificación), porque un objeto puede manifestar dos propiedades distintas y, por lo tanto, lógicamente independientes, en el mismo tiempo y lugar. Creemos que cada ciencia debe tener sus propios métodos para identificar y reducir o reemplazar propiedades con otras. A un nivel ontológico, no obstante, no observamos razones de peso para identificar propiedades entre sí.

Lo que vemos es que lo que distingue a los objetos son sus propiedades. Si no hubiera una distinción entre la genética molecular y la mendeliana, las dos ciencias serían iguales: la distinción de propiedades es lo que hace distintas las manifestaciones de un fenómeno y su reducción entre unas y otras implicaría un empobrecimiento en las explicaciones a menos que se demuestre que en efecto son exactamente lo mismo en una dinámica caso-por-caso.

⁹⁷ Schaffner, K., “The Watson...”, *op. cit.*, p. 333. (Traducción del original: «Usually simultaneous and contiguous appearance of properties is taken as evidence of the referential identity of properties, and certain analogies, especially formal ones, are also relevant. The attribution of the property of valence to hydrogen atoms, and the property of unrestricted spins of the hydrogen atom, and their "identification" is such a case in point.»)

A su vez, comprendemos que la identidad de entidades se da por la igualdad en la localización espaciotemporal, pero la identidad de propiedades entre diferentes dominios de la ciencia dista de ser algo que esté garantizado por medio de un argumento ontológico de este tipo. Si esto es cierto cada ciencia debe identificar las propiedades *en la práctica* a través de sus propios métodos, ya que el hecho de que dos propiedades sean idénticas entre sí a través de diferentes perspectivas no es lógicamente contradictorio. Se le podría llamar incluso el sueño reduccionista donde todas las propiedades serían idénticas a propiedades relacionales de los niveles más fundamentales. Sin embargo, si bien esto no es lógicamente contradictorio y en teoría podría hacerse, nosotros no encontramos bases para apoyar este modo de realizar identidades sintéticas. En suma, solo aceptamos la identidad entre entidades basada en el principio de coherencia metafísica que ubica una entidad en el mismo lugar espaciotemporal, pero no consideramos que esto sea extensible a las propiedades, pues una entidad puede manifestar diversas propiedades al mismo tiempo y en el mismo lugar. Si este es el caso, ¿cómo podríamos usar ese criterio para decir que dos propiedades son iguales por darse en las mismas coordenadas?

En conclusión, el papel de la identidad en la reducción idealmente permitiría reducción de entidades y propiedades para ser completo. Pero no aceptamos que el segundo caso pueda sostenerse sobre una base metafísica, de este modo el reduccionismo estaría incompleto. Pero ¿por qué seguirlo llamando reduccionismo siquiera? ¿Si la reducción es parcial eso no significa que no es un reduccionismo en lo absoluto? El caso de Davidson es un ejemplo de ello, el que los eventos mentales sean idénticos a los eventos físicos, pero necesitemos de explicadores mentales para dar una cuenta satisfactoria del fenómeno, difícilmente es un reduccionismo completo. De hecho presupone que las propiedades mentales son en cierto modo “irreducibles” (supervenientes) a las físicas, porque si no lo fueran entonces no habría necesidad de añadir explicadores mentales y la tesis de la anomalía de lo mental no podría ser sostenida como verdadera.

Nuestra respuesta es que el reduccionismo que defendemos sí es completo a un nivel de predicados de entidad, pero no de propiedades. Esta incompletitud da lugar a la posibilidad de la integración, por lo que es una virtud. El sentido en el que sigue siendo, no obstante, un tipo de reduccionismo es porque no admite que dos cosas localizadas en las mismas coordenadas espaciotemporales sean diferentes. Es decir, las perspectivas no multiplican las

entidades pero, si se me permite usar términos con mayor libertad, diríamos que cada perspectiva disciplinar pone sobre relieve diferentes propiedades que manifiestan los objetos cuando son puestos en distintas condiciones o mirados de maneras diferentes.

III. Esbozo de un modelo de reducción sintética

El propósito principal de este capítulo es proponer la tesis de la identidad sintética como fundamento de un modelo de reduccionismo constitutivo. En el apartado anterior hemos argumentado que la identidad de propiedades debe sostenerse en los terrenos prácticos de las ciencias, mientras que la identidad entre entidades puede sostenerse sobre los principios de identidad como la ley de Leibniz. De este modo, el papel de la identidad en la reducción de entidades parte de la idea de que en la naturaleza hay objetos unitarios que pueden referirse ostensivamente y que estos son la referencia de los objetos.

Para que haya una reducción entre dos términos de entidad que estén dados en dos lenguajes o perspectivas distintas, es necesario que refieran a una misma localización espaciotemporal. El objeto, por otro lado, debe estar unido de manera sistemática, es decir, no puede ser un agregado de cosas, sino que debe tener una estructura interna que relacione sus partes en un todo. Por otro lado, el objeto no puede ser lógicamente equivalente entre ambas perspectivas disciplinares, sino que debe ser distinto, precisamente, por las propiedades o capacidades que manifiesta. Si logramos lo anterior tendríamos un caso satisfactorio de reducción de entidades. De ahí podemos extraer ciertas características generales que tendrían los objetos, si los argumentos anteriores son correctos:

(i) *Diversidad en la manifestación*: con ella nos referimos a que los objetos manifiestan distintas propiedades dependiendo del contexto físico al que los sometamos o el nivel de análisis que sobre ellos hagamos. De esta característica se desprende la coextensionalidad de las entidades vistas desde distintos modos de expresión.

(ii) *Economía ontológica*: como veíamos en las ventajas sobre la identidad que argumenta Hooker, si un mismo objeto puede manifestar distintas propiedades dependiendo del contexto en el que se encuentre o la forma en que sea analizado, por lo tanto, en los lenguajes que sean construidos sobre la base de estas propiedades habrá términos de entidad mismos que deberán ser reducidos, si y solo si, su extensión es la misma.

(iii) *Coherencia metafísica*: este nos dice que no puede haber dos objetos que ocupen la misma región del espacio-tiempo y que sean distintos. Intuitivamente esta es la razón por la que se establecen identidades entre distintos lenguajes descriptivos, pues observamos que dos cosas que ocupan la misma región espaciotemporal pueden describirse en lenguajes distintos, pero si dos cosas no pueden ocupar la misma región y ser diferentes, por lo tanto, tienen que ser el mismo objeto. Es decir, tiene que haber una identidad extensional, aunque haya variaciones intensionales.

(v) *Integración o preservación de patrones explicativos*: este está basado en una característica de la ley de Leibniz que, si recordamos, establece una igualdad entre los términos coextensivos. Esto, de acuerdo con Hooker, lleva a la preservación de los patrones explicativos, pues la identidad es simétrica: $\forall x, y ((x = y) \leftrightarrow (y \rightarrow x \wedge y \rightarrow x))$. Es decir, todo lo que se afirma de x se puede afirmar de y , y viceversa. Esto significa que podemos reemplazar cada lado de la expresión de identidad con el otro. Esto implica que no hay preeminencia ni reemplazo en la identidad al menos en este nivel tan básico.

Creemos que esto es garante de la posibilidad de reducción de entidades sin reducción de propiedades. Tal cosa es lo que entendemos por preservación de patrones explicativos. Si consideramos que x es un objeto espaciotemporalmente igual a y es, por lo tanto, idéntico en su referencia. Lo que se predica de x , digamos, en la genética molecular y lo que se predica de y , digamos en la genética mendeliana puede integrarse, si y solo si, las propiedades no son idénticas (cosa que, reiteramos, corresponde a cada ciencia identificar caso-por-caso).

Una posible objeción es la expresada por Steven Hurst, quien argumenta que las reducciones amplias nunca se han logrado en la filosofía de la ciencia. Por reducción amplia entiende la que dice que «un entendimiento adecuado de un sistema a nivel físico debería, en principio, ser suficiente para explicar y deducir sus propiedades funcionales».⁹⁸ Creemos que es cierto que estas reducciones amplias han fallado y que los sistemas biológicos tienen características *sui generis* que los legitiman como explicaciones locales posiblemente irreducibles. Como respuesta diríamos que nuestro modelo puede acomodar este tipo de objeciones porque creemos que las reducciones no son lógicamente necesarias entre propiedades distintas,

⁹⁸ Horst, Steven. *Beyond reduction: Philosophy of mind and post-reductionist philosophy of science*. Oxford University Press, 2007, p. 26. (Traducción propia del original: «an adequate understanding of a system at a physical level should, in principle, be sufficient to explain and to entail its functional properties».)

porque intensionalmente las explicaciones de las ciencias son diferentes entre sí. Sin embargo, si, y solo si, se cumple el criterio de coherencia metafísica tenemos que hay reducción en un sentido extensional. Esto se logra por medio de la función de reducción. En ese sentido, nuestra posición está a favor de un monismo ontológico y un pluralismo explicativo. Así, si dos ciencias tratan de la misma entidad de maneras distintas, podemos conservar el poder explicativo de ambas ciencias (cuya base ontológica sería la irreductibilidad de las propiedades que presenta la entidad en el modo en que es el objeto de estudio de las mismas), pero manteniendo la parsimonia ontológica que nos aporta el reduccionismo sintético que proponemos.

En conclusión, el reduccionismo sintético es un híbrido entre un reduccionismo de entidades y un escepticismo en la idea de que es posible una identificación en principio de *todas* las propiedades, lo cual llevaría a una reducción ontológica completa o amplia. Es un reduccionismo incompleto que consideramos necesario para mantener cierta sobriedad en las entidades que proponemos como existentes en las ciencias. Es también un reduccionismo heurístico, pues nos dice que dos cosas que no están localizadas en el mismo tiempo y lugar son diferentes, por lo que identificarlas sería incorrecto. Sabemos que esta idea es muy simple, sin embargo, no encontramos una forma más corta de exponerla que este trabajo.

CAPÍTULO III: EXPLICACIONES CONSTITUTIVAS EN EL NUEVO MECANISMO

Este capítulo puede considerarse como un estudio de caso. En él vamos a explicar qué son las relaciones constitutivas en el nuevo mecanismo y cómo es que esta teoría las distingue de las relaciones causales. Carl Craver no apela explícitamente a la identidad para resolver el problema de por qué hay por un lado explicaciones causales y, por el otro, explicaciones constitutivas. Nosotros aplicaremos lo que hemos aprendido hasta ahora en nuestra investigación y argumentaremos que si consideramos la relación constitutiva como una relación de identidad la podremos distinguir de manera mucho más sencilla e intuitiva de las relaciones causales.

Nuestro primer apartado tratará de definir qué es un mecanismo, en qué consiste y qué es un nivel de mecanismo. Posteriormente haremos una exposición de las explicaciones causales y constitutivas y además de cómo es que Craver resuelve esta distinción. Para ello utilizaremos principalmente los textos *Explaining the Brain*,⁹⁹ *In Search of Mechanisms Across Biological Sciences*¹⁰⁰ y “Top-Down Causation without Top-Down Causes”.¹⁰¹

Posteriormente argumentaremos que el mecanismo es idéntico a sus partes, actividades y organización, lo cual implica que la relación de composición es un caso de la relación de identidad. Sin embargo, argumentaremos que los mecanismos son distintos a los fenómenos en un sentido intensional, pero tienen la misma referencia extensional. Esto, pues, sería una aplicación del reduccionismo sintético que concluimos en el capítulo pasado, y su propósito es mostrar que, al menos, nos sirve como una herramienta para clarificar ciertos conceptos que a científicos como Craver les interesa.

En suma, en este último capítulo pretendemos mostrar que la identidad y el reduccionismo constitutivo que proponemos nos permite resolver de manera mucho más sencilla el problema de la distinción entre las explicaciones constitutivas y etiológicas, además de que nos permite

⁹⁹ Craver, Carl F. *Explaining the brain: Mechanisms and the mosaic unity of neuroscience*. Clarendon Press, 2007.

¹⁰⁰ Craver, Carl F., y Lindley Darden. *In Search of Mechanisms: Discoveries across the Life Sciences*. The University of Chicago Press, 2013.

¹⁰¹ Craver, Carl F., y William Bechtel. «Top-down Causation Without Top-down Causes». *Biology & Philosophy*, vol. 22, n.o 4, julio de 2007, pp. 547-63. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1007/s10539-006-9028-8>.

descartar los casos de causalidad ascendente y descendente, tal como Craver y Bechtel concluyen cuando proponen los efectos mecánicamente mediados.

I. Mecanismos y principio de integración

De acuerdo con Craver, un mecanismo es una colección organizada de entidades y actividades.¹⁰² De este modo la tarea de la biología y otras ciencias es la de descubrir mecanismos que subyacen a los fenómenos.¹⁰³ Esto no está exento de críticas que los mismos autores reconocen, pues la filosofía del nuevo mecanismo no es un mecanicismo en el sentido de que no cree que todos los fenómenos puedan ser descritos con este patrón explicativo.

Por otro lado, los mecanismos se distinguen de las máquinas en que sus partes pueden aparecer o desaparecer en el desarrollo. Además de ser más complejos, los mecanismos son característicamente activos. Una máquina puede existir con sus componentes en equilibrio estático, es decir, puede no suceder nada durante ciertos períodos de tiempo y las máquinas seguirán siendo máquinas. Los mecanismos, por su parte, *persisten en el tiempo* debido a que *hacen cosas*. Detenerse en este hacer, significaría que el mecanismo dejaría de ser tal. Esto en el contexto de los mecanismos biológicos.

Los mecanismos son característicamente activos, de ahí que, para comprenderlos no solo tengamos que hacer referencia a sus componentes cambiantes, sino a sus actividades. La homeóstasis es un ejemplo de ello, un ser vivo no puede existir si no consume energía para mantener el orden dentro de sí, por lo que incluso cuando está en un estado “estático”, hay actividad. De este modo es indisoluble el concepto de actividad con el de mecanismo en biología, pues si la actividad cesara, el mecanismo dejaría de ser, es decir, perecería. Así:

Los mecanismos biológicos hacen cosas. Mueven cosas. Cambian cosas. Sintetizan cosas. Transmiten cosas. Ellos incluso pueden mantener las cosas estables. Los biólogos investigan los mecanismos porque esperan comprender cómo funcionan las cosas y, en consecuencia, comprender cómo controlar las actividades de los mecanismos biológicos. Esto no se puede hacer sin comprender las actividades distintivas que se encuentran en los mecanismos biológicos.¹⁰⁴

¹⁰² Craver, Carl F., y Lindley Darden, *op cit.*

¹⁰³ *Ídem.*

¹⁰⁴ *Ibid.*, p. 17. (Traducción del original: «Biological mechanisms do things. They move things. They change things. They synthesize things. They transmit things. They may even hold things steady. Biologists investigate mechanisms because they hope to understand how things work and, as a consequence, to understand how to control the activities of biological mechanisms. This cannot be done without understanding the distinctive activities found in biological mechanisms.»)

En la cita anterior vemos una preocupación pragmática. Necesitamos saber cómo funcionan los mecanismos para poder manipularlos y, por ejemplo, curar enfermedades. La idea de intervenir y controlar los mecanismos tiene entre otras cosas estas preocupaciones como valor central que, de acuerdo con el autor, es más importante que solo la curiosidad de saber cómo son las cosas.

Estos mecanismos tienen partes, las cuales son llamadas componentes y son lo que consideramos «entidades», estas entidades tienen entre sí relaciones causales, mismas que se entienden como «actividades», mismas que son aquellas que contribuyen a un fenómeno específico, mientras que el modo en el que los componentes se encuentran organizados, además de las capacidades de los componentes, define cuáles son los tipos de interacciones entre las partes, que permitirán que se manifieste el fenómeno como tal, el cual, dada la naturaleza de los mecanismos, es un fenómeno activo. Así los mecanismos producen de manera colectiva el fenómeno que observamos en la naturaleza. Dicho de otro modo, a gran parte de los fenómenos les subyace un mecanismo.

Los mecanismos tienen una relación con el fenómeno tal que para entender el fenómeno tenemos que conocer el mecanismo que mediante las actividades entre las partes organizadas *manifiesta* el fenómeno. Esta visión tiene consecuencias respecto al modo en el que conocemos las cosas. En un primer momento habría un fenómeno bruto el cual se presenta a la percepción *actuando* de cierto modo y este fenómeno genera una pregunta de «qué es», luego el investigador buscará es develar la manera en la que funciona ese fenómeno y lo que descubrirá, al menos en varios casos donde este tipo de explicaciones son relevantes, sería el mecanismo subyacente.¹⁰⁵ Relacionando esto con nuestro reduccionismo sintético, diríamos que el fenómeno y el mecanismo no significan lo mismo para el investigador, pero son lo mismo. En ese sentido, el mecanismo sería el fenómeno analizado.

La relación entre el fenómeno y el mecanismo subyacente no es trivial, sino que hay distintos modos de presentación, ya sea como fenómeno o como mecanismo descubierto por la experimentación. En ese sentido, observamos que la relación entre el fenómeno y el

¹⁰⁵ Existe un amplio debate acerca de si lo que encontramos cuando descomponemos y analizamos un fenómeno es un mecanismo. En este trabajo consideraremos que al menos hay casos en los que esto sucede así, por ende, tematizamos tan solo las relaciones entre fenómenos y mecanismos, mientras que fenómenos que no develan un mecanismo quedan excluidas de nuestra investigación.

mecanismo es un caso de la relación más general del patrón explicativo de la identidad sintética que pone en relación equivalencias extensionales con diferencias intensionales a través de la función reducción. Esta última puede ser representada de muchas maneras, si lo hacemos mediante un esquema como la figura 1 podremos observar que hace sentido que esto sea una representación visual de una función reducción.

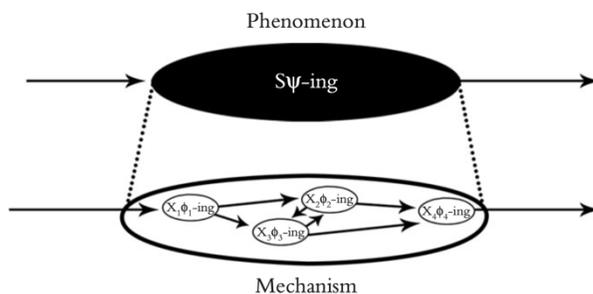


Figura 1. Tomada de Craver, Carl F. *Explaining the brain: Mechanisms and the mosaic unity of neuroscience*. Clarendon Press, 2007, p. 121.

Así, el fenómeno y el mecanismo serían los dos lados de la función reducción llamados SΨ-ing y XΦ-ing. El símbolo de igualdad serían las líneas punteadas que conectan al mecanismo. Estas líneas en Craver son una relación constitutiva entre el mecanismo y el fenómeno. En ese sentido, la diferencia de niveles es una descomposición llevada a cabo mediante el análisis a través de la experimentación de un fenómeno que tiene coherencia metafísica, es decir, tanto SΨ-ing como XΦ-ing estarían localizados en la misma región espaciotemporal.

De este modo creemos, que este esquema tan fundamental para la filosofía del nuevo mecanismo puede ser representado como una función reducción donde la equivalencia indica identidad.

$$S\Psi - \text{ing} = X\Phi - \text{ing}^{106}$$

Así, el nivel $S\Psi$ -ing es un fenómeno específico, mientras que el mecanismo es el nivel inferior el cual está constituido por componentes $\{X_1, \dots, X_n\}$, actividades $\{\Phi_1, \dots, \Phi_m\}$ y su organización de una manera representada por los círculos, mientras que las flechas indican las relaciones causales que hay entre los componentes dentro del nivel $X\Phi$ -ing. Las relaciones causales no pueden existir entre $S\Psi$ -ing y $X\Phi$ -ing pues entre ellas hay una relación de constitución. En ese sentido, los componentes están localizados en diferentes regiones espaciotemporales, por lo tanto, pueden interactuar causalmente. Del mismo modo, el fenómeno $S\Psi$ -ing tiene flechas causales horizontales, lo que significa que puede interactuar con otros fenómenos con los que no tiene relaciones constitutivas, es decir, con fenómenos localizados espaciotemporalmente en otro lugar y, por lo tanto, distintos.

Reiterando, el esquema de la figura 1 supone que no puede haber causalidad entre el mecanismo y el fenómeno, y esto es debido a que existe una relación especial entre ellos tal que no pueden interactuar causalmente. Llama la atención que esto, hasta donde sabemos, no se haya explicitado teóricamente a pesar de que, en diversos ejemplos, se haya utilizado la relación de identidad como forma de explicar la distinción entre las partes y los componentes:

Nótese que cuando llegamos al estado del mecanismo que constituye el estado de muerte, no decimos [...] que causa la muerte. **Simplemente es la muerte.** Un asesino que cobra extra por la muerte del general -después de cobrar por el cese de la función fisiológica- está siendo deshonesto.¹⁰⁷

¹⁰⁶ Entiendo que la función de reducción aplicada a mecanismos que están compuestos de actividades y entidades puede parecer problemática. Sin embargo, lo que afirmamos es que cuando una entidad está instanciada como fenómeno presenta propiedades, mismas que se pueden entender como un *modo de actuar* de la misma. No puede ser de otro modo, ya que una entidad no puede manifestarse en la actualidad si no está actuando de tal modo que podamos capturarla con los sentidos o instrumentos de experimentación. Si tomamos la particularidad de las actividades, estas son irreducibles, lo que fundamenta nuestra propuesta pluralista, pero si tomamos al mecanismo como un todo, entonces postulamos una igualdad ontológica expresada por la función de reducción, cuyo fundamento es la identidad referencial. La distinción entre actividades sería la diferencia intensional con la que se manifiestan los diferentes niveles de mecanismo. Si existiera una igualdad de propiedades, la identidad sería numérica y las proposiciones que hablaran de esta identidad serían, por lo tanto, evidentes de suyo. Así, el modo en que entiendo esta función es tomando al mecanismo y al fenómeno en su totalidad, pues si se toma en su particularidades se pierde la igualdad porque esta no es intensional, sino extensional.

¹⁰⁷ Craver, Carl, «Top-Down...», *op. cit.*, p. 557. (Traducción del original: «Notice that when we reach the state of the mechanism that constitutes the state of death, we do not say, with Betty Crocker, that it causes death. **It just is death.** An assassin who charges extra for the general's death – after charging for the cessation of physiological function – is pulling a fast one.») [Negritas propias.]

De este modo, el asesino que cobrara por la muerte de los componentes y, por otro lado, por la muerte del organismo general estaría siendo un mentiroso, porque el mecanismo tiene una relación de identidad con el organismo general que sería el fenómeno.

Contra esto se podría argumentar que el evento que llamamos «organismo general» es más que la suma de los componentes organizados y las actividades que entre ellos ocurre. Que el fenómeno presupone estos últimos, pero que exhibe propiedades que no son explicables por las relaciones causales entre los componentes. Este argumento lo consideramos esencialmente correcto, pero que esto sea el caso no pone en crisis la relación de identidad del fenómeno con el mecanismo, pues la identidad entre entidades está basada en la extensión. Así, llamemos al organismo general «Pedro» y a sus componentes «*cuerpo_P*», en el sentido de que es el cuerpo de Pedro.

Supongamos que «Pedro» exhibe propiedades, contrario a lo que argumenta Craver, que no son manifestaciones del nivel $X\Phi$ -ing llamado *cuerpo_P* como, por ejemplo, «ser estudiante de la FES Acatlán». No obstante de ello, los conjuntos {Pedro} y {*cuerpo_P*} tienen la misma referencia. Pero «Pedro» y «*cuerpo_P*» no significan lo mismo. Con este ejemplo queremos mostrar también que puede haber una cantidad de significados distintos tal que todos refieran al evento «Pedro», puede ser «un gerente de banco», puede ser «el hijo de Marta y Fabián» o «el que cometió un delito». Conforme ahondemos en el conocimiento de «Pedro» encontraremos más y más términos de entidad que aplican a las diferentes perspectivas y contextos en las cuales «Pedro» tiene lugar, pero todas estas perspectivas, serían enunciadas de términos de entidad que son idénticos entre sí.

A su vez, de acuerdo con la ley de Leibniz reformulada por Hooker, se preservan los patrones explicativos. Todas las actividades de «Pedro» en todos los conjuntos que lo tengan como referencia, se preservan y se pueden predicar de cualquiera de los términos de entidad de cualquiera de las perspectivas. Así, el «gerente de banco» está compuesto de átomos, lo mismo que «el que cometió el delito», además «*el conjunto de átomos_P*» en un momento específico, tiene como nombre Pedro y cometió un delito. De este modo, una formulación general de la preservación de los patrones explicativos sería el principio de integración:

PI: Se puede predicar de todos los términos de entidad cuyo referente es el mismo todas las cosas que pueden predicarse con verdad de todos los términos de entidad.

La cantidad de propiedades que PI genera puede parecer abundante. Sin embargo, pueden establecerse equivalencias entre las propiedades en una dinámica caso-por-caso. Como vimos en el capítulo anterior, no es imposible que haya propiedades en diferentes niveles que no se puedan “reducir”, sin embargo, pueden presentarse las mismas propiedades entre dos términos de entidad, por ejemplo, «Pedro» y «un gerente de banco» pertenecen a la especie *Homo sapiens* es algo que reduce el número de propiedades porque son la misma propiedad. También puede darse el caso de que dos propiedades aparentemente diferentes en realidad tengan una relación de identidad que llevada al lenguaje sería una relación de sinonimia. Así, las propiedades se instancian en más de un término de entidad y eso reduce su número, mientras que otras propiedades mediante un análisis específico pueden mostrarse como idénticas y, eventualmente, como sinónimas cuando son llevadas al lenguaje. En ese sentido, creemos que PI puede referir a propiedades más escasas de lo que parece.

Regresando a la cita anterior, no vemos una interpretación alternativa que no sea la identidad relativa a la relación entre el cese de los componentes y la muerte. Si el cese *es* la muerte, por lo tanto, son idénticos. Es pues, la relación de identidad la que está presupuesta en las explicaciones constitutivas y es la diferencia entre las propiedades observadas en el nivel de los componentes (como el cese de su actividad) y las propiedades del fenómeno general (como la muerte).

En lo sucesivo analizaremos con más detalle el modelo de Craver.

a. Entidades

Las entidades son referidas como «componentes» y es el lugar en el que se desarrollan las actividades que, en su conjunto, contribuyen al comportamiento del todo. Otro modo de referirse a las entidades es como «partes». Sin embargo, no cualquier cosa puede calificar como entidad. Craver argumenta que sus características son: ser robustas, tener un grupo estable de propiedades y por ser posible intervenir en ellas mediante la experimentación.¹⁰⁸ En ese sentido, las partes de un mecanismo no son hipotéticas o posibles, sino que son concretas. En nuestra terminología anterior diríamos que son tokens y, como hemos visto, la idea de un mecanismo actual formado por tokens y no por clases naturales excluye el

¹⁰⁸ Craver, C. *Explaining..., op. cit.*, p. 131.

problema de la múltiple realizabilidad, mismo que también le preocupa a Craver y que ve como una de las principales ventajas de su modelo sobre modelos como el de Schaffner.

Si la múltiple realizabilidad de los fenómenos no fundamentales plantea un problema para la reducción clásica (hay un debate sobre este tema), es porque la reducción clásica requiere la traducción de los términos-clase en una teoría con los de otra teoría. Esta traducción no es necesaria porque la tradición de sistemas rechaza la idea de que las explicaciones son argumentos. Todo lo que importa es que el fenómeno es actualizado mediante algún mecanismo subyacente.¹⁰⁹

Dicho de otro modo, un fenómeno actual, en oposición a un fenómeno posible, es una manifestación del mecanismo que le subyace. Si ese mecanismo pudo haberse manifestado de otra manera, eso no genera un problema porque lo que importa son los fenómenos ya realizados, es decir, no hay espacio para lo que pudo haber sido. Lo actual es lo único que importa para una buena explicación científica.

El sacrificio que esta posición ontológica tiene que hacer es el renunciar a sistematizaciones generales entre distintos mecanismos, pues ello presupone una sistematización de clases naturales. Pero, como hemos visto numerosas veces, de un tipo de mecanismo no se sigue necesariamente un tipo de fenómeno. El derrotero por el que transitan este tipo de reduccionismos consiste en abandonar la idea de que puede establecerse una teoría general de mecanismos lo cual excluye los enunciados contrafácticos que serían posibles con una teoría general de clases de mecanismos y clases de fenómenos.

Como explicación de este último punto, diríamos que para decir «un fenómeno es una manifestación de un mecanismo» de forma general, es decir, «de este tipo de fenómeno se sigue este tipo de mecanismo» tendríamos que afirmar el contrafáctico «si no se diera este mecanismo, no se daría este fenómeno». La múltiple realizabilidad impide que esto pueda hacerse, pues “rompe” el contrafáctico, ya que justamente no sabemos si es el caso que de un mecanismo de esa clase se siga un fenómeno de cierto tipo. Dudamos que el nuevo mecanismo dé una respuesta satisfactoria a este problema, sino que es más bien un abandono

¹⁰⁹ *Ídem*, p. 110. (Traducción del original: « If the multiple realizability of nonfundamental phenomena raises a problem for classical reduction (there is debate on this matter), it is because classical reduction requires the translation of kind-terms in one theory into those of another theory. Translation is not required because the systems tradition rejects the idea that explanations are arguments. All that matters is that the phenomenon is realized by some underlying mechanism.)

del proyecto de que podemos establecer una teoría unitaria y eso consideramos que muestra un cambio fundamental respecto a reduccionismos clásicos como el de Nagel o Schaffner.

Los componentes, de este modo, se encuentran muy restringidos, ya que no pueden ser contrafácticos en descripciones adecuadas de mecanismos. No obstante, en la especulación sobre lo que puede ser la causa del fenómeno representada por esquemas de mecanismos, sí puede haber lugar para los contrafácticos, pues no se sabe lo que sucede de hecho, pero estos, como tal son vagos y poco descriptivos. En ese sentido, el ideal explicativo del nuevo mecanismo descansa en hacer descripciones detalladas de mecanismos actuales y lo posible queda como algo para la especulación que eventualmente será reemplazada por textos de mecanismos, mismos que son explicaciones detalladas sin términos vagos o posibles.

b. Actividades

Otro elemento fundamental son las actividades mismas que en la terminología de Craver se expresan con la letra phi mayúscula o minúscula (Φ , ϕ) dependiendo del nivel de mecanismo en el que se encuentre la entidad. Sin embargo, estas solo son llamadas actividades en esquemas de mecanismos vagos y poco definidos. Su significado en los textos de mecanismo es mucho más preciso. Así:

[Las] actividades se identifican por su ubicación espaciotemporal, ritmo y duración, por los tipos de entidades que pueden participar en ellas, por los tipos de propiedades que las hacen posibles y por las condiciones de inicio que las habilitan. Más específicamente, las actividades se distinguen entre sí por su modo de operación (i.e., acción de contacto versus atracción a distancia), polaridad (i.e., atracción, repulsión, o ambas, atracción y repulsión), requerimientos de energía (i.e., cuánta energía es necesaria para formar o romper un enlace químico), y rango (por ejemplo, las fuerzas electromagnéticas tienen una influencia más amplia que las fuerzas en los núcleos de los átomos). El objetivo de describir un mecanismo es, en parte, el objetivo de encontrar las entidades y actividades componentes mediante las cuales funciona el mecanismo.¹¹⁰

En esta cita vemos que los tipos de actividades son las relaciones concretas que tienen las partes entre sí. Estas tienen nombre y son fuerzas de la naturaleza, procesos, interacciones

¹¹⁰ *Ibid.*, p. 20. (Traducción del original: «[The] activities are identified by their spatiotemporal location, rate, and duration, by the types of entities that can engage in them, by the types of properties that make them possible, and by the startup conditions that enable them. More specifically, activities are distinguished from one another by their mode of operation (e.g., contact action versus attraction at a distance), polarity (e.g., attraction, repulsion, or both attraction and repulsion), energy requirements (e.g., how much energy is required to form or break a chemical bond), and range (e.g., electromagnetic forces have a wider influence than do the forces in the nuclei of atoms). The goal in describing a mechanism is, in part, the goal of finding the component entities and activities by which the mechanism works».)

químicas, etc. No cabe duda, a nuestros ojos, que tales descripciones de mecanismos son mucho más precisas y explicativas que esquemas vagos y especulativos. En ese sentido, abandonar el proyecto de una teoría unitaria, permite abordar los problemas con mayor especificidad, lo que lleva a un mayor poder descriptivo.

En suma, estas capacidades y los diferentes modos en que estas actúan sobre otras causalmente es lo que consideramos actividades y su rango son todas las actividades que permite un dominio de la ciencia como la neurología. Así, el fenómeno no solo es constituido por partes en un sentido material del término, sino por actividades, mismas que normalmente son referidas por verbos y cuyo actuar, piensa el autor, contribuye a la manifestación del comportamiento del todo.

c. Organización

De acuerdo con Mario Bunge,¹¹¹ lo que distingue a los sistemas de los agregados es que los primeros se forman por combinación y los segundos por asociación. De esta manera, una mera agrupación no cambia la naturaleza de los componentes, estos se encuentran unidos con bajos niveles de cohesión y su unión, en ese sentido, es modular. Por ello: «Si a y b son dos objetos, entonces puede decirse que a es parte de b o $a < b$ [...] si a no añade nada a b ».¹¹² Cabe resaltar la similitud con la noción de independencia en teoría de probabilidad, la cual nos dice que dos eventos A y B son independientes si la probabilidad del evento A dado B es idéntica a la probabilidad de A , misma que es expresada mediante la siguiente fórmula:

$$P(A|B) = P(A).$$

La similitud nos parece especialmente relevante porque en teoría de probabilidad que dos eventos sean independientes significa que entre ellos no existe ninguna relación, aunque se encuentren en condiciones de proximidad. Aplicado a la teoría de sistemas de Bunge, la analogía se sigue en el sentido de que las propiedades del todo no cambian en función de los agregados porque entre sí no tienen relaciones más allá de la proximidad que los hace constituirse como un todo no-sistémico.

¹¹¹ Bunge, Mario. *Emergence and Convergence: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge*. University of Toronto Press, 2004.

¹¹² *Idem*, p. 21. Traducción del original: «If a and b are two objects, then a can be said to be a part of b , or $a < b$ [...], if a adds nothing to b .»

Por ejemplo, si bien podemos separar una piedra del suelo donde se encuentra, ya sea físicamente o por análisis, la mera separación no produce un cambio cualitativo en la naturaleza del objeto, por lo que la tierra y el suelo siguen siendo lo mismo, es decir, no tienen relaciones productivas. La asociación de este tipo, de acuerdo con el autor, tiene el nombre de concatenación, yuxtaposición o suma mereológica y su representación simbólica es $a < b =_{def} a \oplus b = b$ donde \oplus representa la relación asociativa entre a y b .

En la biología, Wimsatt argumenta en términos similares la distinción entre agregado y mecanismo. Para ello establece las condiciones para determinar que un agregado es tal. Siendo la primera la intersustitución, pues en los agregados la sustitución de unas partes por otras no produce cambios. La escala tampoco afecta a los agregados, pues son cualitativamente similares sin importar el tamaño. Lo mismo sucede si se descomponen o se vuelven a agregar las partes, las propiedades permanecen igual. Por último, no hay relaciones cooperativas o inhibitorias entre las partes.¹¹³

Ambas visiones tanto de sistema como de mecanismo nos permiten observar que la organización es tremendamente importante para los mismos. Pues el modo en el que están organizadas las partes sí afecta la conducta del todo. Por ende, las partes de los mecanismos no son intersustituible, las escalas importan, descomponer y reagregar a los mecanismos implica un cambio significativo en sus propiedades que pueden variar desde un cambio controlado hasta la desaparición del mecanismo y, por último, las partes sí tienen relaciones cooperativas e inhibitorias entre sí. Todo lo anterior nos sirve para entender que un mecanismo es un compuesto de entidades y actividades que están organizadas de tal manera que el fenómeno es una manifestación de todos estos elementos.

d. Niveles

El concepto de niveles de mecanismo en Craver está implícito en la figura 1 donde vemos que hay dos niveles, el nivel del fenómeno SΨ-ing y el nivel del mecanismo los cuales están relacionados de forma constitutiva. Sin embargo, ¿qué es lo que hace que haya distintos niveles de mecanismo? En primer lugar, hay que decir que un mecanismo puede tener submecanismos. Ser un submecanismo significa ser componente de un mecanismo. En ese

¹¹³ Wimsatt, William C. «Aggregativity: Reductive heuristics for finding emergence». *Philosophy of Science*, vol. 64, n.º S4, 1997, pp. S376.

sentido la relación mecanismo-componente es lo que define los niveles de mecanismo. De este modo:

[U]n elemento X está en un nivel más bajo que un elemento S si y solo si X es un componente en el mecanismo para alguna actividad ψ de S. X es un componente en un mecanismo si y solo si es una de las entidades o actividades organizadas tal que $S\psi S$.¹¹⁴

Esto está en contraste con la idea de niveles de organización cuyo criterio son las categorías ontológicas de los fenómenos. Ciertamente esta forma de clasificación de niveles no está necesariamente en contradicción con la idea de categorías de fenómenos en tanto que estas no buscan establecer relaciones uno-a-uno, sino que buscan clasificar de acuerdo con propiedades específicas consideradas como esenciales. De la misma manera estos fenómenos pueden ser totalmente actuales. En ese sentido, la idea de niveles de mecanismo sigue es compatible con la visión del mundo como una jerarquía de niveles. Por esta razón hay posibles convergencias, continuidades y rupturas entre esta teoría y teorías más clásicas sobre la reducción. No obstante, esto último es solo una observación, pues no pretendemos abordar el tema de niveles de organización en este trabajo.

II. Sobre el modelo de explicación de la filosofía del nuevo mecanismo

El nuevo mecanismo es también una teoría de la explicación. Si utilizáramos los criterios de clasificación de Sahotra Sarkar observaríamos que se trata de un reduccionismo explicativo. Por ejemplo, en la definición del término se dice lo siguiente:

Usamos el término "mecanismo" de manera permisiva para describir sistemas causales en los que las partes están organizadas de tal forma que colectivamente dan lugar al comportamiento o propiedad del todo en contexto.¹¹⁵

Es decir, a través de las partes –mismas que son entidades organizadas que actúan en función de sus propiedades–, y *nada más*, se puede llegar a entender el comportamiento del fenómeno. Esto implica reducción entre propiedades ya que las actividades de orden inferior componen a las del nivel superior. De este modo, si tomamos una propiedad de un mecanismo

¹¹⁴ Craver, Carl, «Top-Down...», *op. cit.*, p. 548. (Traducción del original: «[A]n item X is at a lower level than an item S if and only if X is a component in the mechanism for some activity ψ of S. X is a component in a mechanism if and only if it is one of the entities or activities organized such that $S\psi S$ ».)

¹¹⁵ Povich, Mark, y Carl F. Craver. «Mechanistic levels, reduction, and emergence». *The Routledge handbook of mechanisms and mechanical philosophy*, Routledge, 2017, p. 186. (Traducción del original: «We use the term "mechanism" permissively to describe causal systems in which parts are organized such that they collectively give rise to the behavior or property of the whole in context».)

de nivel alto, vemos que es una manifestación de las interacciones entre las partes organizadas donde cada actividad del nivel inferior haría alguna contribución al nivel superior tal que en su conjunto producirían la actividad del todo. La teoría de Craver así clasificada, no es solo un reduccionismo constitutivo, sino que se trata de un reduccionismo explicativo. En lo sucesivo explicaremos a grandes rasgos cómo se relaciona la tesis ontológica anterior con el modelo de explicación de Craver.

a. Modelo de cobertura por leyes y modelo de la tradición de sistemas

El modelo de Schaffner y Nagel también ha sido llamado modelo de cobertura por leyes (MCL) ya que el *explanandum* se debe seguir de las premisas, o *explanans*, las cuales deben de contener al menos una ley de la naturaleza junto con las condiciones iniciales. Esta relación es deductiva, pues de las premisas se deriva la conclusión, característica que llamaremos expectabilidad nómica. En el apartado anterior nos interesó ver los compromisos ontológicos que tiene la teoría de Craver respecto a los mecanismos y esta relación tan especial que tienen con sus componentes y actividades organizados.

Se ha criticado que las explicaciones tal y como las describe MCL son poco adecuadas para la práctica actual de las ciencias, ya que las explicaciones en esos ámbitos se dan más como relaciones parte-todo que como relaciones deductivas.¹¹⁶ Las críticas que le interesan a Craver siguen el camino que vimos con Wesley Salmon en el apartado de reduccionismo explicativo del capítulo pasado. Ahí vimos que la *relevancia explicativa* es un problema central y a este podemos añadir la distinción entre leyes de la naturaleza y accidentes, misma que, en suma, también falla porque no todas las explicaciones en las ciencias tienen algún enunciado que describa alguna ley, especialmente en campos donde la complejidad aumenta como la biología evolutiva o la sociología. Por último, el problema de la *expectabilidad nómica* se encuentra, como hemos visto con el problema de la múltiple realizabilidad.

Sin embargo, otro punto es que las explicaciones en MCL son enunciados descriptivos, es decir, argumentos, mientras que en Salmon las explicaciones son relaciones entre hechos, ya que una explicación era «un ensamblaje de *hechos estadísticamente relevantes para el explanandum, independientemente del grado de probabilidad que resulte*».¹¹⁷ El modelo de

¹¹⁶ Sarkar, Sahotra, «Models of reduction...», *op. cit.*

¹¹⁷ Salmon, Wesley, *op. cit.*, p. 11. (Traducción del original: «an explanation is an assembly of facts statistically relevant to the explanandum, regardless of the degree of probability that results».)

Salmon es también conocido como mecánico-causal (MMC) y el interés central de este modelo es el de describir etiológicamente cómo es que las causas producen al fenómeno en lugar de determinar cómo es que el fenómeno se deduce de las leyes de la naturaleza. Transfiriendo estas ideas al nuevo mecanismo, observamos que hay dos niveles de hechos, el fenómeno y el mecanismo, por lo tanto, el fenómeno en Craver será el *explanandum* y no la descripción del fenómeno. Es decir, el fenómeno será el fenómeno *explanandum* y el *explanans* será el mecanismo subyacente.

Otra de las tradiciones más influyentes que proponen soluciones diferentes a MCL es la tradición de sistemas (TS). En ella, autores como Fodor, Cummins y Wimsatt, entre otros, consideran que para explicar el comportamiento de un todo organizado debemos de descomponer al sistema en sus partes, actividades y mostrar cómo es que estas exhiben al fenómeno *explanandum*. Sin embargo, en terrenos de la explicación, Craver no considera que se haya superado el modelo hipotético deductivo, aunque se haya avanzado en considerar a la explicación como una relación entre un fenómeno y las partes que le subyacen. La razón de esto es que, al final, TS estaría derivando el comportamiento del sistema a partir del comportamiento de las partes y ello implica que esta tradición seguiría dominada por un patrón explicativo proveniente del modelo de cobertura por leyes.

Para comenzar a resolver el problema, Craver expone dos clases de modelos: los *modelos cómo-posibles* y los *cómo-actuales*.¹¹⁸ Los primeros son conjeturas acerca de qué tipo de mecanismo sería capaz de producir un tipo de fenómeno como, por ejemplo, los modelos computacionales, mientras que el segundo tipo describiría componentes y actividades que existen de hecho. La explicación de tipo mecanicista en los modelos cómo-posibles es un bosquejo donde las entidades, las actividades y la organización se expresan con términos vagos y hay muy poco detalle de manera tal que se dejan huecos.

Por otro lado, los modelos de mecanismo completos son aquellos que son detallados y refieren a actividades actuales donde idealmente todo lo relevante está expuesto. De ahí que la tarea consista en saber cuáles son las partes relevantes para el mecanismo. Por ejemplo, en la periferia de modelos actuales como el ADN o el movimiento de los planetas de Kepler hay muchos detalles que han sido omitidos por no ser realmente relevantes para el mecanismo

¹¹⁸ La distinción en el idioma original es «how-possibly» y «how-actually models».

del movimiento de los planetas o de lo que hace que el código genético funcione como funciona.

Sin embargo, Craver encuentra tanto en el MCL como en TS, que ambas proponen bosquejos de explicación, pero no delimitan normativamente qué es lo que debe ser descrito en los modelos cómo-actuales. En el ejemplo de Kepler no es descrita la composición de la atmósfera de los planetas, sino simplemente la masa que se relaciona a través de la actividad de la gravedad con otras masas y produce el fenómeno del sistema solar mismo que es expresado en un modelo cómo-actual. ¿Pero cómo es que sabía Kepler qué era relevante y qué no?

Si le preguntamos a MCL la respuesta usual será que el *explanandum* se deriva lógicamente del *explanans*, mientras que TS dirá cuáles son las partes que hacen más plausible que así funcione el mecanismo. No obstante, Craver argumenta que la tradición de sistemas está deduciendo el comportamiento del fenómeno a partir del mecanismo. Así ninguna de las dos daría una normatividad para determinar qué es lo que hace a un componente o una actividad ser parte de un mecanismo. Un avance importante del autor es la respuesta que da a la pregunta de la relevancia constitutiva.

b. Mutua manipulabilidad

Uno de los criterios para distinguir buenas de malas explicaciones tiene que ver con las propiedades que deben de exhibir las partes. Estas son, estabilidad, robustez, manipulabilidad y plausibilidad. Los modelos cómo-posibles pueden incluir explicaciones que sean ficciones porque tienen componentes vagos, sin embargo, una buena explicación tiene que dar cuenta de componentes y actividades organizadas de una forma que sea actual. Por ello, deben tener estabilidad y robustez en las propiedades y, por ello, deben poder ser detectadas, debe de ser posible intervenir en ellas de tal manera que modificar una parte modifique las demás y, por último, deben ser plausibles. Dicho de otra manera, deben de cumplir con el requisito de adecuación empírica. En el caso de la neurología sería una plausibilidad fisiológica.

Por otro lado las descripciones que se hacen en los modelos cómo-actuales, deben de involucrar algo más que la suma de los componentes. En palabras de Craver:

Una descripción de un mecanismo no es meramente la suma de las partes o capacidades; es una descripción de cómo trabajan juntas. Tal descripción implica –

adicionalmente a una lista de entidades componente $\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ y actividades $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\}$ —dar cuenta de cómo están organizadas juntas activamente, espacial, y temporalmente en S's ψ -ing.¹¹⁹

En ese sentido, las buenas explicaciones mecanismo no solo muestran una suma sino la contribución de las partes al comportamiento del todo mediante lo que podríamos llamar *procesos*.

Como ejemplo de la relevancia, digamos que alguien que observe a una persona caminando no pensará que es importante, para explicar ese fenómeno, el color de los tenis. Sin embargo, estas pertenecen al objeto que se está tratando de explicar. En ese sentido, las explicaciones mecanicistas hacen un corte de tipo relevante en el objeto a explicar, lo cual podría parecer un contraargumento para la idea de que hay una identidad entre el mecanismo y sus partes, pero en realidad no hay tal cosa pues si hacemos el corte de relevancia sobre un objeto para explicar S ψ -ing estamos determinando al mecanismo como tal.

Las estrategias experimentales para encontrar qué elementos son pertenecientes a un mecanismo parten de la intervención y la detección. El principio implícito en estas prácticas, en este caso neurocientíficas sería la mutua manipulabilidad (MM). Si podemos, en general, manipular una parte del mecanismo y no produce cambios en el fenómeno o si modificamos al fenómeno y no encontramos cambios en el mecanismo, diríamos que las partes no están relacionadas. En ese sentido, si el *explanans* del *fenómeno explanandum* es el mecanismo y solo las partes relacionadas por MM serían las que pertenecen al *explanans* Craver ha encontrado una solución al problema de la relevancia constitutiva.

Cabe mencionar que la relevancia constitutiva se distingue de la relevancia causal porque la causal se da entre dos entidades distintas, mientras que la constitutiva se da en relaciones entre mecanismos y componentes. En ese sentido, cuando se manipula a un componente en un nivel de mecanismo y detectamos cambios en otro, no ocurriría una relación causa-efecto, sino que la alteración de una parte ejercería una influencia constitutiva en el todo. Por

¹¹⁹ Craver, Carl, *Explaining...*, *op. cit.*, p. 138. (Traducción del original: A description of a mechanism is not merely a summation of parts or capacities; it is a description of how they work together. That description involves—in addition to a list of component entities $\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ and activities $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\}$ —an account of how they are organized together actively, spatially, and temporally in S's ψ -ing.)

ejemplo, si movemos un cuaderno, el movimiento del cuaderno no produce el movimiento de los átomos del cuaderno; los átomos se mueven porque constituyen el cuaderno.

Si consideramos que el mecanismo es el *explanans* del modelo de explicación del nuevo mecanismo, entonces observamos que el criterio de mutua manipulabilidad nos permite determinar qué elementos pueden ser parte del *explanans* con base en que este criterio determina cuáles son los componentes del mecanismo. Esto supera, en nuestra opinión, a MCL y a TS porque da cuenta de la relevancia constitutiva y se utiliza para identificar empíricamente los elementos concretos que irían en un texto mecanicista en oposición a un mero esquema.

Otro avance importante es la concepción de que hay elementos que no son parte de los mecanismos. Si bien esto ya está implícito en la diferencia entre sistemas y agregados, lo cierto es que aquí está incorporado como parte del *explanans*. De este modo, lo relevante para el *explanans* $X\phi$ -ing de un *fenómeno explanandum* $S\Psi$ -ing tiene que descartar los elementos que puedan estar asociados al mecanismo de manera agregativa. En ese sentido, la función del criterio de mutua manipulabilidad es la de determinar los elementos asociados de manera sistemática que son los que propiamente constituyen los mecanismos.

Consideremos de nuevo la diferencia entre mecanismos y máquinas. Las máquinas contienen muchos componentes que no forman parte de ningún mecanismo. Los tapones, los guardabarros y el parabrisas son partes del automóvil, pero no forman parte del mecanismo que lo hace funcionar. No son partes relevantes de ese mecanismo. Los buenos textos explicativos mecanicistas describen todos los componentes relevantes y sus interacciones, y no incluyen ninguno de los componentes e interacciones irrelevantes.¹²⁰

En el sentido anterior, los adornos que puede tener un coche, o diversos aditamentos no funcionales están asociados agregativamente al automóvil. El criterio MM en ese sentido da cuenta de cuáles son las actividades y entidades que son parte del mecanismo. Hay un elemento faltante que es la organización actual, pero esta sería determinada caso-por-caso en función de la observación del fenómeno concreto.

¹²⁰ *Ibid.*, p. 141. (Traducción del original: «Consider again the difference between mechanisms and machines. Machines contain many parts that are not in any mechanism. The hubcaps, mud-aps, and the windshield are all parts of the automobile, but they are not part of the mechanism that makes it run. They are not *relevant* parts of that mechanism. Good mechanistic explanatory texts describe all of the relevant components and their interactions, and they include none of the irrelevant components and interactions».)

Por otro lado, para que este criterio pase la prueba empírica es necesario considerar dos escenarios que pueden alterar la seguridad del resultado de los experimentos. El primero sería que el mecanismo *compense* la función ϕ perdida por la alteración de las partes, cosa que puede ocurrir en mecanismos biológicos donde hay equilibrio homeostático, donde puede suceder que no podamos detectar un cambio en el comportamiento del todo a pesar de que se haya alterado el comportamiento de una de las partes.

El segundo problema es el de la interferencia indirecta. Este ocurre cuando alteramos algo que no es parte del mecanismo, pero que afecta al comportamiento del todo mediante la alteración de una parte que sí pertenece al mecanismo. Sin embargo, tanto este problema como el anterior tienen que ser determinados caso-por-caso a través de la correcta determinación del mecanismo dependiendo de la ciencia que se trate. No obstante, el patrón explicativo permanece y puede ser formulado de la siguiente manera:

- (i) x forma parte de S ; (ii) en las condiciones relevantes para la petición de explicación hay algún cambio en el ϕ -ing de X que cambia el ψ -ing de S , y (iii) en las condiciones relevantes para la demanda de explicación hay algún cambio en el ψ -ing de S que cambia el ϕ -ing de X .¹²¹

Esta formulación nos dice que las condiciones relevantes para una explicación implican que para saber que un mecanismo (ϕ -ing de X) está relacionado con un fenómeno (ψ -ing de S), algún cambio en el mecanismo tiene que reflejarse en algún cambio en el fenómeno.

De esto se sigue que para poder entender las relaciones constitutivas en el laboratorio hay que hacer una intervención, y dados los problemas de compensación e interferencia indirecta Craver apunta que esta intervención es *ideal*, pero que lo más probable es que necesite ajustes en un experimento actual. Así una intervención ideal I en ϕ con respecto a ψ es un cambio en el valor de ϕ que cambia a ψ , solamente a través de un cambio en ϕ . Esto tiene varias implicaciones mismas que reproducimos textualmente:

- (I1c) la intervención I no cambia ψ directamente;
- (I2c) I no cambia el valor de alguna otra variable ϕ^* que cambia el valor de ψ excepto a través del cambio introducido en ϕ ;

¹²¹ *Ibid.*, p. 153. (Traducción del original: «(i) x is part of S ; (ii) in the conditions relevant to the request for explanation there is some change to X 's ϕ -ing that changes S 's ψ -ing; and (iii) in the conditions relevant to the request for explanation there is some change to S 's ψ -ing that changes X 's ϕ -ing».)

(I3c) que I no está correlacionado con alguna otra variable M que es causalmente independiente de I y también una causa de ψ , y

(I4c) que I fija el valor de ϕ de tal manera que excluye la contribución de otras causas de ϕ al valor de ϕ .¹²²

De lo anterior, se deduce la relevancia constitutiva de una actividad ϕ en un fenómeno ψ , pues la intervención no cambia a ψ directamente (I1c); solo un cambio ϕ altera ψ (I2c); no hay variables intermedias que estén siendo alteradas por I (I3c), y la intervención es de tal modo que se excluyen otro tipo de variables que puedan alterar el resultado. Si observamos las implicaciones, vemos que la relación entre ϕ y ψ no es de superveniencia, sino que es una relación constitutiva donde ambos fenómenos, a pesar de estar en diferentes niveles de mecanismo, tienen una relación parte-todo.

Ahora bien, la pregunta central que se genera en este punto es si las partes producen al todo o si las partes tienen una relación con el todo de otro tipo. Dicho de otra manera, presuponiendo los niveles de mecanismo X's ϕ -ing y S's ψ -ing, la pregunta es si la relación de constitución produce el fenómeno o si, por el contrario, la relación constitutiva es de otra naturaleza. Este problema es el de la causalidad ascendente y descendente, para entenderlo, sin embargo, es necesario exponer los efectos mecanísticamente mediados.

c. Efectos mecanísticamente mediados

Cuando hacemos análisis de fenómenos y estos nos muestran mecanismos y, a la vez, estos mecanismos se presentan con sus propias partes y submecanismos, se puede presentar la confusión de creer que hay una relación de causa-efecto entre los distintos niveles de mecanismo. Uno de los problemas que preocupan a Craver y Bechtel es que ellos creen que no hay una relación causal entre el fenómeno y el mecanismo.¹²³ Sin embargo, los científicos usan a la causalidad ascendente y descendente en la práctica. Por ejemplo, decimos que un virus ocasionó que se enfermara una persona. Pero el virus actúa a un nivel de mecanismo inferior al de una persona, pues contamina las células. La pregunta en ese caso sería si la contaminación de las células causa que la persona se enferme.

¹²² Traducción del original: «(I1c) the intervention I does not change ψ directly; (I2c) I does not change the value of some other variable ϕ^* that changes the value of ψ except via the change introduced into ϕ ; (I3c) that I is not correlated with some other variable M that is causally independent of I and also a cause of ψ ; and (I4c) that I fixes the value of ϕ in such a way as to screen off the contribution of ϕ 's other causes to the value of ϕ .» Ibid., p. 154.

¹²³ Craver, Carl, «Top-Down...», *op. cit.*,

Al igual que el reduccionismo constitutivo, la causalidad ascendente y descendente presupone la existencia de niveles, en este caso, niveles de mecanismo. Decimos que un objeto x está en un nivel inferior de mecanismo que un objeto S , cuando x es un componente de alguna actividad de S . Dicho de otro modo, los niveles de mecanismo se constituyen unos sobre otros. Por ejemplo, es un componente de la actividad cerebral, la relación entre los neurotransmisores y esta relación se construye gracias a la relación entre moléculas, etc. Estas tres relaciones se encuentran en distintos niveles de mecanismo porque cada una es constituyente de otra. En ese sentido también se encuentran ordenadas de manera jerárquica, y además presentan una relación de transitividad.¹²⁴

En el ejemplo anterior, si la actividad entre moléculas es un componente de la actividad entre neurotransmisores y la actividad entre neurotransmisores es un componente de la actividad cerebral, por lo tanto, la actividad entre moléculas es un componente de la actividad cerebral. Consideramos que es la transitividad la que determina la relevancia entre distintos niveles de mecanismo. Por ejemplo, en un primer momento, no parece que las relaciones entre átomos sean relevantemente explicativas para el *fenómeno explanandum* «perro». Sin embargo, la transitividad nos dice que si descendemos en los niveles de mecanismo llegaremos a las interacciones más básicas entre los átomos. Creemos que si llegamos a obviar a los submecanismos en las explicaciones de alto nivel es porque la mayor parte del tiempo son factores constantes.

Así, los átomos serán componentes de otros componentes, que a su vez serán componentes de otros, hasta llegar al fenómeno que nos interesa. Sin embargo, para entender qué es un perro es relevante saber que está compuesto de átomos o que las células de sus ojos tienen ciertas propiedades. Lo anterior es atribuido al hecho de que cada submecanismo hereda constreñimientos a los mecanismos superiores. De este modo, creemos que la transitividad de la que habla Putnam y Oppenheim¹²⁵ trasladada a los niveles de mecanismo puede entenderse como la relevancia que tienen los niveles inferiores para los fenómenos de nivel superior que están compuestos por ellos. En ese sentido, afirmamos que los entrecruces disciplinares como la bioenergética, la genética molecular, la fisicoquímica, etc., suceden

¹²⁴ Cfr. Oppenheim, Paul, y Hilary Putnam. «Unity of science as a working hypothesis». *The philosophy of science*, 1991, pp. 405-28.

¹²⁵ *Idem.*

debido a que hay una relevancia explicativa entre los distintos niveles, pues unos están contruidos sobre otros, presuponen a los otros, y hay constricciones que se heredan desde los submecanismos hacia los mecanismos de los que forman parte.

Este tipo de explicaciones son un híbrido entre causalidad y constitución, pues por un lado, los componentes en un nivel interactúan entre sí, mientras que, por el otro, constituyen a los mecanismos de los que son componentes. Cuando decimos que una bola de billar es movida por un impacto, la relación es del tipo de los componentes en un mismo nivel, pero la relación de los componentes con el mecanismo es de otro tipo. La relación constitutiva es algo especial y distinto. Craver argumenta que es una relación que se puede entender como efectos mecanísticamente mediados, los cuales son un híbrido entre relaciones causales y constitutivas. Las relaciones causales se dan intra-nivel, es decir, los componentes se relacionan entre sí causalmente, pero su relación con el fenómeno es constitutiva, ahí no hay causalidad. De este modo, mientras las relaciones causales producen efectos, las relaciones constitutivas producen manifestaciones.

Un elemento central para distinguir las explicaciones causales es la simetría, ya que «los componentes actúan como actúan debido a factores actuando en el mecanismo y los mecanismos actúan como actúan debido a las actividades de sus componentes de nivel inferior».¹²⁶ La relación entre los niveles de mecanismos es simétrica, mientras que las relaciones causales son asimétricas; es decir, la causa produce el efecto, pero el efecto no produce la causa. Esta relación de simetría provoca que Craver concluya que la constitución y la causalidad sean relaciones distintas:

De acuerdo con esto, la simetría de la relación entre niveles y las técnicas empleadas para investigarla se explica fácilmente. La relación es simétrica precisamente porque el mecanismo en su conjunto está completamente constituido por las actividades organizadas de sus partes: un cambio en las partes se manifiesta como un cambio en el mecanismo en su conjunto, y un cambio en el mecanismo es también un cambio en al menos algunas de sus partes componentes. No es necesario ampliar la palabra "causalidad" para abarcar casos de este tipo...¹²⁷

¹²⁶ Craver, Carl, «Top-Down...», *op. cit.*, p. 553. (Traducción del original: «components act as they do because of factors acting on mechanisms, and mechanisms act as they do because of the activities of their lower-level components».)

¹²⁷ *Ibid.*, p. 554. (Traducción del original: «The relation is symmetrical precisely because the mechanism as a whole is fully constituted by the organized activities of its parts: a change in the parts is manifest as a change in the mechanism as a whole, and a change in the mechanism is also a change in at least some of its component parts. There is no need to extend the word 'causation' to cover cases of this sort[...]».)

En conclusión, las relaciones constitutivas son simétricas y transitivas, lo cual las distingue cabalmente de las relaciones causales. Por otro lado, las relaciones son reflexivas, porque cada tanto el fenómeno como el mecanismo tienen una relación de igualdad consigo mismos.

Estas tres propiedades: reflexividad, simetría y transitividad no son parte de las relaciones causales. Así, en primer lugar, una causa no tiene una relación de causalidad consigo misma, sino que es efecto de otra causa, es decir, la relación no es reflexiva. En segundo lugar, la causa ocasiona el efecto, pero el efecto no ocasiona la causa, es decir, la relación no es simétrica. Por último, si una causa C_1 ocasiona un efecto E_1 , y este efecto, ocasiona un efecto E_2 , esto quiere decir que C_1 haya ocasionado E_2 , es decir, la relación es transitiva. La propiedad de la transitividad es lo único que compartirían las explicaciones causales y constitutivas.

d. Distinción entre explicaciones causales y constitutivas con base en la identidad sintética

Como vimos, la relación de constitución es reflexiva, simétrica y transitiva. En este apartado intentaremos argumentar que esta es una buena razón para creer que las relaciones constitutivas son un modo de las relaciones de identidad. Así, la relación de identidad es *reflexiva*: todo objeto es idéntico a sí mismo (a es idéntica a a); *simétrica*: si a es idéntica a b , b es idéntico a a , y *transitiva*: si a es idéntica a b , y b es idéntica a c , por lo tanto, a es idéntica a c .

Tenemos lo mismo en términos de la relación de tipo constitutiva entre el fenómeno y el mecanismo, relación que representamos con la letra C. Así, todo fenómeno se constituye a sí mismo: es decir, $m_1 C m_1$. A su vez, un fenómeno f_1 es constituyente de sí mismo; es decir: $f_1 C f_1$. En segundo lugar, si un mecanismo m_1 constituye a un fenómeno f_1 , a su vez, el fenómeno f_1 constituye al mecanismo m_1 ; es decir: Si $m_1 C f_1$, por lo tanto, $f_1 C m_1$. Por último, si un mecanismo m_1 constituye a un fenómeno f_1 y el fenómeno f_1 constituye al mecanismo m_2 ; por lo tanto: el mecanismo m_1 constituye al mecanismo m_2 ; es decir: si $m_1 C f_1$ y $f_1 C m_2$, por lo tanto, $m_1 C m_2$.

Para clarificar lo anterior, cabe mencionar que por fenómeno nos referimos al *fenómeno explanandum*, mismo que sería constituido por el mecanismo como su *explanans*. No obstante, el mecanismo cuando es tomado como objeto de análisis se vuelve un *fenómeno*

explanandum a su vez, y al analizarlo encontramos otro mecanismo, que si se vuelve a analizar se encontraría otro hasta llegar a los mecanismos más simples. La cuestión es si la relación entre dos niveles de mecanismo $S\Psi$ -ing y $X\Phi$ -ing tienen una relación de identidad nosotros creemos que sí debido a que las propiedades de la relación constitutiva y las propiedades de la relación de identidad son semejantes, aunque reconocemos que no es una certeza deductiva, sino una hipótesis misma que creemos tener buenas razones para sostenerla.

Respecto a la caracterización de las relaciones constitutivas, Craver nos dice que (i) los mecanismos y sus componentes no son eventos, objetos o procesos distintos; (ii) los mecanismos se encuentran en el mismo lugar espacial y el mismo tiempo, y (iii) el mecanismo y sus componentes coexisten.¹²⁸ Esto parece contradecir las nociones comunes de la causalidad mismas que son (a) causas y efectos deben ser completamente distintos; (b) las causas preceden a los efectos, y (c) la causalidad es asimétrica (el efecto es producido por la causa, pero la causa no es producida por el efecto).¹²⁹

Como vemos, de acuerdo con (a) la causalidad siempre presupone dos cosas distintas, mientras que las relaciones constitutivas parecen no ser eventos distintos (i). Por otro lado, de acuerdo con (b) la causa precede al efecto, pero las relaciones constitutivas son sincrónicas (ii). Por último, las relaciones causales son asimétricas (c), es decir, las causas producen efectos y no viceversa, pero las relaciones constitutivas son simétricas, pues alterar un componente altera al todo y alterar el todo altera a los componentes involucrados. Dado que hay una contradicción entre (i)-(iii) y (a)-(c), se concluye que no son la misma clase de explicación y que la causalidad no debe ser una noción extendida para abarcar las relaciones constitutivas.

Reiterando, Craver propone los efectos mecanísticamente mediados mismos que son un híbrido entre explicaciones causales y constitutivas de modo tal que, entre las entidades que se encuentran en el mismo nivel puede haber relaciones causales, mientras que si se encuentran en niveles distintos la relación constitutiva toma el lugar de la causal. Así, alterar un componente tiene un efecto en el comportamiento del todo y viceversa, pero eso no

¹²⁸ Cfr. Craver, *Explaining...*, *op. cit.*

¹²⁹ *Idem.*

significa que el componente esté causando la alteración del todo, sino que está heredando constitutivamente el efecto de la alteración.

Creo que esta explicación es correcta, pero es poco inteligible porque no se atreve a dar el paso necesario para distinguir las relaciones causales y constitutivas. Una contradicción inmediata es (i), que nos dice que los mecanismos y sus componentes no son eventos distintos y, sin embargo, nos dice también que los mecanismos y sus componentes coexisten. Coexistir en este caso implica que son distintos y, si son distintos, por lo tanto, satisfacen (a), y si satisfacen (a) son relaciones causales. Pero es que esta contradicción es inevitable si se quiere preservar la diferencia semántica entre el mecanismo y sus componentes. Ciertamente no significan lo mismo las relaciones atómicas que las relaciones entre moléculas, y estas a su vez son distintas a las relaciones entre células, pero la distinción es relativa al modo en que accedemos a un mismo fenómeno.

Es decir, se trata de una diferencia intensional, mientras que hay una identidad de fondo que es justamente de la que habla (i). En ese sentido, (i) es verdadero extensionalmente y (ii) es verdadero intensionalmente. Por ejemplo, tanto el submecanismo molecular como las relaciones entre neuronas coexisten en la medida en que no son la misma clase de descripción y el modo de acceso a tales mecanismos es muy diferente, lo que permite que se manifiesten fenómenos con propiedades distintas, pero extensionalmente refieren a la misma entidad, lo cual se puede mostrar ostensivamente, dado que comparten el mismo lugar espacio temporal; es decir, la referencia es la misma si se cumple con el criterio de coherencia metafísica. A su vez, estos fenómenos distintos son válidos y relevantes para las explicaciones científicas, es decir, no hay fenómenos que estén por encima de los otros, y esto se debe a la simetría en las relaciones de identidad, misma que se traduce en la simetría de las relaciones constitutivas.

Por otro lado, si bien la identidad entre el todo y sus partes es un tipo de reduccionismo constitutivo, la diversidad en la manifestación de un mismo objeto puesto bajo diferentes condiciones, experimentales o de análisis, permite que no haya descripciones privilegiadas, sino que pueden coexistir. Es decir, si examinamos a un fenómeno desde sus componentes más básicos o desde el nivel de mecanismo más alto posible, ninguna de las manifestaciones reduce a la otra, porque la diferencia intensional es algo que se mantiene debido a la preservación de los patrones explicativos que permite la ley de Leibniz.

Creemos que el diseño experimental busca acceder a esas condiciones a través de las cuales los fenómenos se manifiestan de distinta manera, pero el objeto que están tratando de analizar sigue siendo el mismo de acuerdo con la coherencia metafísica que nos dice que dos cosas que ocupan el mismo espacio y tiempo son idénticas. En ese sentido, la experimentación sobre un objeto *x* busca desentrañar modos de manifestación que solo pueden darse en ciertas condiciones, pero, insistimos, el objeto no deja de ser idéntico a sí mismo (en un sentido extensional) aunque se encuentre descrito bajo distintas perspectivas. En estas perspectivas hay descripciones que arrojan términos de entidad, mismas que son idénticas entre sí. La función reducción buscaría entonces establecer identidades sintéticas preservando los patrones de explicación si, y solo si, la relación es de composición. En ese sentido, el modelo de reducción que propusimos en el capítulo anterior parece sostenerse cuando tratamos de abordar la distinción entre relaciones constitutivas y causales. Así, creemos que se clarifica el por qué las relaciones constitutivas son diferentes a las causales.¹³⁰

¹³⁰ Como hemos visto, la relación de identidad y la relación constitutiva parece sostenerse sobre bases intuitivas y hay una semejanza entre ambos tipos de relaciones en términos lógicos. Sin embargo, para afirmar que la composición es una forma de entidad, es necesaria una investigación ontológica más profunda cuyo escenario se encuentra en la filosofía analítica particularmente después de los trabajos de David Lewis quien es uno de los defensores de tal posición.¹³⁰ Pero dicho tema excede los propósitos de nuestro trabajo que fueron dar buenas razones para esta relación en el estudio de caso al que dedicamos este capítulo.

CONCLUSIONES

Nuestro trabajo tuvo como propósito resolver la pregunta de investigación sobre la manera de mantener la riqueza que producen las distintas perspectivas disciplinares sin multiplicar el número de entidades. Durante el desarrollo del primer capítulo encontramos que resulta razonable pensar que hay términos de entidad que pueden relacionarse por medio de funciones reducción en las ciencias cuando se da un entrecruce en el dominio de estas. Así la genética molecular y la mendeliana podían establecer entre sí funciones reducción en términos de entidad. No obstante, encontramos diferentes dificultades como la múltiple realizabilidad y que las ciencias no siguen necesariamente las reconstrucciones lógicas que hicieron estos autores de mediados del siglo pasado sobre lo que es una teoría científica. Esto nos llevó a abandonar los elementos teóricos del reduccionismo interteórico de Schaffner, de manera que entendimos por qué es un modelo que el día de hoy pocas personas defienden.

No obstante, la tesis ontológica de la identidad sintética nos llevó por el camino, en el capítulo segundo, de buscar un reduccionismo que no tenga los problemas del que tratamos en el capítulo uno. Estuvimos de acuerdo con Sarkar en que había que separar los compromisos ontológicos de los teóricos y explicativos, por lo que describimos las tres categorías del reduccionismo en la filosofía de la biología. Ahí pudimos leer autores como Davidson y Rosenberg quienes proponen un tipo de reduccionismo constitutivo que identifica entidades, pero que preserva los patrones explicativos de las ciencias como la biología o la psicología que típicamente los reduccionistas han querido reducir a la física.

Por otro lado, vimos que el problema de la múltiple realizabilidad puede ser solucionado mediante un reduccionismo de tokens tal que asocie eventos y no clases naturales. La consecuencia de esto fue que abandonamos la idea de que puede haber una correspondencia uno-a-uno entre términos teóricos generales y que, en su lugar, tendríamos que hacer una dinámica caso-por-caso para poder mantener un reduccionismo viable como estrategia en la investigación empírica.

Por otro lado, encontramos problemas referentes a la identidad de propiedades porque esta no se encuentra garantizada por la coherencia metafísica de la que habla el análisis que hicimos de Hooker, pues dos propiedades distintas pueden ser manifestadas por una entidad

en el mismo lugar espacio temporal. De ahí que la manifestación de dos propiedades en dos modos de descripción en unas mismas coordenadas espaciotemporales no garantiza la identidad de propiedades como argumentamos que sí lo hace la identidad entre entidades. Esto nos llevó, pues, a reconocer que la identidad de propiedades corresponde a cada ciencia realizarla y que al menos a nosotros no nos resulta concebible cómo podría formularse un criterio normativo para hacer tales identificaciones.

Por otro lado, cuando formulamos nuestro modelo, lo hicimos sobre dos puntos esenciales, la coherencia metafísica y la preservación de los patrones explicativos. Es decir, si dos o más objetos descritos por dos o más disciplinas comparten las mismas coordenadas espaciotemporales, decimos que son idénticos. Esa identidad nos permite, a partir de la ley de Leibniz, preservar las perspectivas que sobre ese objeto se hacen ya que ambos lados de la relación de identidad están relacionados por un signo de equivalencia, de ahí que la reducción de entidades impida que haya una preponderancia de ciertos patrones explicativos sobre otros. Esto nos llevó a concluir en el capítulo segundo que nuestro reduccionismo es incompleto porque no puede abarcar la reducción de propiedades. No obstante esto no lo consideramos una desventaja porque nos permite preservar los patrones explicativos de las distintas ciencias. De este modo, la aparente contradicción la intentamos resolver mediante una reducción en tanto que referencia, mientras que hay un integracionismo en tanto que perspectivas.

Por último, tratamos de hacer un estudio de caso y abordamos con ello el nuevo mecanismo. Observamos en este caso que si aplicamos el modelo de reduccionismo al nuevo mecanismo en la biología podemos entender que la relación constitutiva es distinta de la causal debido a que es una clase de relación de identidad. Sin embargo, esta parte del trabajo no nos satisfizo porque los argumentos parecen ser solo de correlación entre la relación de identidad y de constitución y, aunque nos parecen razonables, creemos que una discusión sobre la composición como identidad es necesaria, pero no la abordamos porque escapa los límites de nuestro trabajo.

Creemos que en general ha sido productivo nuestro intento de dar sentido a una de las intuiciones que dan pie al reduccionismo constitutivo a la vez que consideramos también las intuiciones que dan pie al antirreduccionismo. No creemos haber resuelto tal problema, pero

consideramos que la coherencia metafísica y el principio de integración son dos pasos importantes para llegar a una imagen de la realidad que permita conciliar nuestras intuiciones sobre la identidad transversal de las cosas consigo mismas, a la vez que preservar nuestras intuiciones respecto a sus diferencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayer, Alfred Jules. *Logical positivism*. Simon and Schuster, 1959.
- Benzer, Seymour. «The elementary units of heredity». *The elementary units of heredity*. (1956).
- Blackmore, John T. *Ernst Mach; his work, life, and influence*. Univ of California Press, 1972.
- Bunge, Mario. «Ontología y ciencia», en *Diánoia*, vol. 21, no. 21, 1975.
- Bunge, Mario. *Emergence and Convergence: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge*. University of Toronto Press, 2004. *DOI.org (Crossref)*, <https://doi.org/10.3138/9781442674356>.
- Causey, R. L. «Attribute-identities in microreductions». *The Journal of Philosophy*, vol. 69, n.º 14, 1972, pp. 407-22.
- Craver, C. F. «Structures of Scientific Theories» en Machamer Peter, et. al., (eds). *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*. Blackwell, 2002.
- Craver, C. F. *Explaining the brain: Mechanisms and the mosaic unity of neuroscience*. Clarendon Press, 2007.
- Craver, C. F., y Lindley Darden. *In Search of Mechanisms: Discoveries across the Life Sciences*. The University of Chicago Press, 2013.
- Craver, C. F., y William Bechtel. «Top-down Causation Without Top-down Causes». *Biology & Philosophy*, vol. 22, n.º 4, julio de 2007, pp. 547-63. *DOI.org (Crossref)*, <https://doi.org/10.1007/s10539-006-9028-8>.
- Davidson, Donald. «Mental events». *The Language and Thought Series*, Harvard University Press, 1980, pp. 107-19.
- De Rose, K. 1995. «Solving the Skeptical Problem», *Philosophical Review*, 104: 1-52.
- de Viena, Círculo. «La Concepción Científica del Mundo: El Círculo de Viena». traducción de Carlos Verdugo y Miguel Espinoza). *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 31, 1987.
- DeRose, K. 1999, «Contextualism: An Explanation and Defense», en *Epistemology*, J. Greco & E. Sosa, (eds.) Basil Blackwell, Oxford, pp. 187–205

- Einstein, Albert, *Ideas and opinions*, Crown Publishers Inc., New York, 1954.
- Enç, Berent. «Identity statements and microreductions». *The Journal of Philosophy*, vol. 73, n.º 11, 1976, pp. 285-306.
- Halina, Martha, «Mechanistic Explanation and it's limits», en *Mechanisms and Mechanical Philosophy*. Editado por Paul Humphreys, vol. 1, Oxford University Press, 2015, p. 215-216.
- Hawking, Stephen. *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*. Espasa, 2010.
- Hempel, Carl G. *Deductive-nomological vs. statistical explanation*. 1962.
- Hempel, Carl G., y Paul Oppenheim. «Studies in the Logic of Explanation». *Philosophy of Science*, vol. 15, n.º 2, abril de 1948, pp. 135-75. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1086/286983>.
- Hooker, Clifford A. «Towards a general theory of reduction. Part II: identity in reduction». *Dialogue: Canadian Philosophical Review/Revue canadienne de philosophie*, vol. 20, n.º 2, 1981, pp. 201-36.
- Horst, Steven. *Beyond reduction: Philosophy of mind and post-reductionist philosophy of science*. Oxford University Press, 2007.
- Hull, David L. «Reduction in Genetics—Biology or Philosophy?» *Philosophy of Science*, vol. 39, n.º 4, diciembre de 1972, pp. 491-99. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1086/288470>.
- Kant, Immanuel, *Crítica de la razón pura*, Colihue, Argentina, 2007
- Kim, Jaegwon. «On the psycho-physical identity theory». *American Philosophical Quarterly*, vol. 3, n.º 3, 1966, pp. 227-35.
- Kitcher, Philip. «Explanatory unification and the causal structure of the world», 1989.
- Kitcher, Philip. «Toward a Pragmatist Philosophy of Science», en *Theoria*, 28(2), 2013, pp. 185–231.
- Kripke, Saul A. *Naming and necessity*. Harvard University Press, 1980.

- Machamer, Peter K., «A Brief Historical Introduction to the Philosophy of Science» en *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*. Blackwell, 2002.
- Noonan, Harold and Ben Curtis, «Identity», *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2022 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/fall2022/entries/identity/>>.
- Oppenheim, Paul, y Hilary Putnam. «Unity of science as a working hypothesis». *The philosophy of science*, 1991, pp. 405-28.
- Povich, Mark, y Carl F. Craver. «Mechanistic levels, reduction, and emergence». *The Routledge handbook of mechanisms and mechanical philosophy*, Routledge, 2017, pp. 185-97.
- Rosenberg, Alexander. «The supervenience of biological concepts». *Philosophy of Science*, vol. 45, n.º 3, 1978, pp. 368-86.
- Ruse, Michael. «Reduction in Genetics». *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1974, pp. 633-651.
- Salmon, Wesley C. *Statistical explanation and statistical relevance*. University of Pittsburgh Press, 1971.
- Sarkar, Sahotra. «Models of reduction and categories of reductionism». *Synthese*, vol. 91, 1992, pp. 167-94.
- Sarkar, Sahotra. *Genetics and reductionism*. Cambridge University Press, 1998.
- Schaffner, K. F. «Approaches to Reduction». *Philosophy of Science*, 1967, 34(2), 137-147.
- Schaffner, K. F. «Correspondence rules». *Philosophy of Science*, vol. 36, no. 3, 1969, pp. 280-90.
- Schaffner, K. F. «The peripherality of reductionism in the development of molecular biology». *Journal of the History of Biology*, vol. 7, n.º 1, 1974, pp. 111-39.
- Schaffner, K. F. «The Watson-Crick Model and Reductionism». Source: *The British Journal for the Philosophy of Science*, vol. 20, no. 4, 1969.

Watson, J. D., & Crick, F. H. (1953). «Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid». *Nature*, 171(4356), 737-738.

Wimsatt, William C. «Aggregativity: Reductive heuristics for finding emergence». *Philosophy of Science*, vol. 64, n.º S4, 1997, pp. S372-84.

Wimsatt, William C. *Reductive explanation: A functional account*. Cambridge University Press, 1974, pp. 671-710.