



Revista Colombiana de Filosofía de la  
Ciencia

ISSN: 0124-4620

revistafilosofiaciencia@unbosque.edu.co

Universidad El Bosque  
Colombia

Herrera Aros, Miguel

Teoría de las cantidades conservadas: una tensión interna

Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia, vol. 17, núm. 35, julio-diciembre, 2017, pp.  
91-117

Universidad El Bosque  
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41455170008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# TEORÍA DE LAS CANTIDADES CONSERVADAS: UNA Tensión INTERNA<sup>1, 2, 3</sup>

## THE CONSERVED QUANTITY THEORY: AN INTERNAL TENSION

Miguel Herrera Aros<sup>4, 5</sup>

### RESUMEN

En su intento de responder a la pregunta acerca de qué es una relación causal, la Teoría de las cantidades conservadas de Phil Dowe define ‘proceso causal’ como ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’. Sin embargo, cuando Dowe se enfrenta a críticas plausibles, lo que originalmente se presentaba como una definición adquiere el estatuto de verdad contingente. En el presente trabajo se argumentará que esta tensión puede resolverse en dos direcciones diferentes, según que la identificación entre ‘proceso causal’ y ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’ se interprete como una definición o como una mera caracterización, conduciendo a diferentes versiones de la teoría de la causación de Dowe.

**Palabras clave:** causación física, mundos físicamente posibles, necesidad, definición, identidad.

### ABSTRACT

In its attempt to answer the question about what a causal relation is, Phil Dowe’s Theory of Conserved Quantities defines ‘causal process’ as ‘worldline of an object that possesses a conserved quantity’. However, when Dowe faces plausible criticisms, what was originally presented as a definition acquires the status of a contingent truth. In the present article we will argue that this tension can be resolved in two different directions, depending on whether the identification between ‘causal process’ and ‘worldline of an object that possesses a conserved quantity’ be interpreted as a definition or as a mere characterization, leading to different versions of Dowe’s theory of causation.

**Keywords:** physical causation, physically possible worlds, necessity, definition, identity.

1 Recibido: 29 de marzo de 2017. Aceptado: 8 de agosto de 2017.

2 Este artículo se debe citar como: Herrera Aros, Miguel. “Teoría de las cantidades conservadas: una tensión interna”. *Rev. Colomb. Filos. Cienc.* 17.35 (2017): 91-117.

3 Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo del subsidio PICT-2812 de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT-FONCyT) de la Argentina.

4 Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Filosofía Dr. Alejandro Korn, Universidad de Buenos Aires. Correo electrónico: herrera.aros@gmail.com

5 Buenos Aires, Argentina.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la bibliografía filosófica, es posible encontrar variadas corrientes desde las cuales se teoriza sobre la problemática de la causación. Solo por nombrar algunas, existen teorías regularistas, contrafácticas, probabilistas, de agencia e intervención y físicas de la causación. Cada una de ellas intenta brindar una explicación satisfactoria al problema metafísico que, ya desde los tiempos de Aristóteles, se contaba entre las grandes preocupaciones de los filósofos. En el ámbito de las teorías físicas de la causación, entre las más conocidas están las teorías de proceso, que comenzaron a desarrollarse con los trabajos de Jerrold Aronson, David Fair y Wesley Salmon en las décadas de 1970 y 1980. Como continuación de esta línea de trabajo Phil Dowe formula su teoría de las cantidades conservadas (en adelante, TCC), según la cual las relaciones causales se definen por la transmisión de cantidades conservadas de la causa al efecto: un proceso causal es la línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada. Esta tesis permitiría establecer un criterio claro para distinguir entre procesos causales y pseudoprosos: los primeros involucran cantidades conservadas, mientras que esto no ocurre en los segundos.

La TCC, cuyo desarrollo pormenorizado se encuentra en el libro *Physical Causation* publicado en el año 2000, ha sido objeto de múltiples y variadas críticas. Entre estas puede identificarse una vertiente que alude a los problemas que presentan los principios de conservación en la teoría general de la relatividad y la consecuente problemática que implica la aplicación de la teoría de Dowe en el ámbito de dicha teoría. Alexander Rueger, por ejemplo, sostiene que en relatividad general existen algunas dificultades para enunciar principios de conservación, ya que las simetrías no siempre se cumplen debido al carácter dinámico que posee el espacio-tiempo en estos contextos físicos. La defensa de Dowe frente a estas críticas consiste en afirmar que la identidad entre ‘proceso causal’ y ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’ es contingente y no metafísicamente necesaria. Esto le permite sostener que, si hay espacio-tiempos de la relatividad general donde no hay principios de conservación, esto sucedería en otros mundos posibles que no se corresponden con nuestro mundo actual, manteniéndose entonces la identidad originalmente propuesta.

En este artículo se pondrá de manifiesto una tensión en el seno de la presentación de la TCC y la defensa de Dowe frente a las críticas a su teoría. Se argumentará que esta tensión puede resolverse en dos direcciones diferentes, según que la identificación entre ‘proceso causal’ y ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’ se interprete como una definición

o como una mera caracterización, conduciendo a diferentes versiones de la teoría de la causación de Dowe.

Con estos objetivos, la estructura de este trabajo se organiza del siguiente modo. En la Sección 2 se brinda un panorama general sobre teorías de la causación física, en particular aquéllas que sirvieron de base para el posterior desarrollo de la tcc. A continuación, en la Sección 3, se brinda el marco general en el que se inserta la propuesta de Dowe, y en la Sección 4 se presenta sucintamente la tcc. En la Sección 5, se describe la crítica que conduce a Dowe a afirmar que la identificación entre ‘proceso causal’ y ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’ es una verdad contingente. A continuación, luego de recordar en la Sección 6 algunas cuestiones básicas acerca de mundos posibles, en la Sección 7 se discutirán las diferentes interpretaciones posibles de la teoría de la causación de Dowe según cómo se interpreten sus tesis principales.

## 2. TEORÍAS DE LA CAUSACIÓN FÍSICA

Desde la Antigüedad clásica, con Aristóteles, el problema de la causación concentró el interés de la filosofía. De ser consideradas vínculos objetivos entre objetos o eventos, con Hume las relaciones causales pierden su anclaje real para convertirse en proyecciones del sujeto basadas en hábitos frente a meras regularidades. A pesar de la fuerte influencia de la visión regularista humeana sobre la filosofía posterior, durante el siglo xx la noción de causa comienza a ser discutida en el ámbito de la ciencia, y ello conduce a que diversos autores intenten recobrar un estatuto de objetividad para la causación. Es precisamente en esta línea que se inscriben las teorías de la causación física, en particular, la de Phil Dowe.

En 1913, en un artículo denominado *On the Notion of Cause*, Bertrand Russell plantea la idea de que la ciencia no busca “causas”: la ciencia no acepta uniformidades invariables, tal como postula la ley de causalidad (misma causa involucra mismo efecto), ni tiene por objetivo el descubrimiento de leyes causales. Si bien de gran influencia sobre buena parte de la filosofía de la ciencia del siglo xx, la postura de Russell no fue unánimemente aceptada.

En el marco de nuestra argumentación, resulta relevante la propuesta de Jerrold Aronson, quien, en su artículo *On the Grammar of ‘Cause’* (1971), intenta justificar el uso de nociones causales en ciencias, suministrando condiciones no antropomórficas para determinar la dirección de la relación causa-efecto. De esta manera, Aronson arriba a su análisis de la relación causal en términos

de transferencia de cantidades, en un intento por reducir la causación a un análisis puramente físico.

Ocho años más tarde, David Fair desarrolla una teoría de causación física basada en la teoría de Aronson, pero más robusta en muchos aspectos. En su artículo “Causation and the Flow of Energy” (1979), sostiene que la ciencia física ha descubierto la naturaleza de la relación causal para un gran número de casos. La relación causal sería en particular una relación físicamente especificable de flujo de energía-momento desde los objetos concebidos como causa hacia los objetos entendidos como efecto.

Gracias a los trabajos de Russell (1948)<sup>6</sup>, Aronson y Fair, y también los de Hans Reichenbach, Wesley Salmon (1984) dispone de los antecedentes necesarios para desarrollar una teoría física de la causación mucho más precisa y articulada que la de sus antecesores. Según Salmon, la causación es un aspecto objetivo pero contingente del mundo; por lo tanto, toda teoría de la causación debe ser consistente con el indeterminismo. En términos generales, la teoría de Salmon busca introducir una distinción crucial en el debate entre las teorías procesualistas y fisicalistas de la causación: la distinción entre procesos causales y pseudoprosos. Esta diferencia, que ya había sido abordada por Reichenbach (1958) en términos de secuencias reales (i.e. procesos) y secuencias irreales (i.e. pseudoprosos), es conceptualizada por Salmon en términos del criterio de transmisión de marca heredado de Reichenbach (1958). Para ello Salmon introduce uno de los conceptos centrales de su teoría, el concepto de proceso, que se define como todo aquello que manifieste coherencia de estructura en el tiempo (1984 139). Sobre esta base, dirá que un proceso es causal si es capaz de transmitir una modificación local en la estructura.

Phil Dowe propone su teoría de la causación en este marco argumentativo, como una propuesta de solución a algunas deficiencias que, a su criterio, tendría la teoría de Salmon. En sus artículos “Process Causality and Asymmetry” (1992a) y “Wesley Salmon’s Process Theory of Causality and the Conserved Quantity Theory” (1992b), Dowe analiza las dificultades de la propuesta de Salmon y presenta la TCC. Como respuesta, en su artículo “Causality without Counterfactuals” (1994), Salmon propone, a su vez, algunas modificaciones a la teoría de Dowe, llegando así a formular una teoría de proceso en términos de “cantidades invariantes” (en lugar de “cantidades conservadas”), que se ajustaría de mejor manera con su criterio para distinguir procesos causales de pseudoprosos en términos de transmisión de marca. Algunos trabajos

6 No nos referimos aquí a la postura escéptica de Russell respecto de la causación en ciencias, sino a sus ideas como antecedentes de las teorías de proceso; en particular, a su noción de línea causal.

posteriores de ambos autores apuntan en la misma dirección y agudizan aún más el debate (Dowe 1995a y 1995b; Salmon 1997). Finalmente, en el año 2000, Dowe llega a la versión más acabada de la TCC, presentada en su libro *Physical Causation*.

Uno de los objetivos centrales de la teoría de Dowe, al igual que la de Salmon, es establecer la crucial distinción entre procesos causales y pseudoprocursos. Para ello no recurre a la noción de Salmon de transmisión de la marca, sino que establece el criterio de las cantidades conservadas: será la posesión de una cantidad conservada por parte de un objeto, en lugar de la capacidad para transmitir una marca, lo que hace que el proceso en el cual el objeto interviene sea causal. Más específicamente, Dowe establece una identidad entre ‘proceso causal’ y ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’. Es justamente esta proposición la que permitiría distinguir procesos causales de pseudoprocursos, siendo los primeros todas aquellas líneas de mundo que posean alguna cantidad conservada; y los segundos, aquellas líneas de mundo que no posean cantidades conservadas. Veremos más adelante que es justamente esta caracterización la que permite una doble lectura, y que es el foco principal de este trabajo: podemos ver esta identidad como contingente o como necesaria. Pero antes de abordar este aspecto central en la discusión del presente artículo, comenzaremos por revisar las principales tesis de la TCC.

### 3. EL MARCO GENERAL DE LA PROPUESTA DE DOWE

El primer punto que se debe tener claro antes de abordar la posición de Dowe es el tipo de empresa que el autor pretende afrontar al tratar con el problema de la causación física. Esto, además, brindará elementos para discutir el problema central que se pretende abordar en este trabajo.

El objetivo principal de Dowe en su obra es articular y defender una teoría de la causación física, que será expuesta de manera cabal en *Physical Causation* (2000). Con este propósito comienza por considerar que esta tarea puede abordarse desde dos enfoques diferentes: el conceptual y el empírico (Dowe 2000 1). Según lo entiende Dowe, el análisis conceptual es un análisis del significado apoyado en el sentido común y comprensión cotidiana de los términos. Lo relevante a destacar aquí es que, para el autor, este tipo de análisis es a priori y, de ser verdadero, será necesariamente verdadero (Dowe 2000 2). Por otra parte, de acuerdo con el autor, el análisis empírico busca establecer qué tipo de causación se encuentra en el mundo real; el objetivo de este tipo de análisis de la causación es mapear el mundo objetivo y no nuestros conceptos. Por lo tanto, solo es posible efectuar este tipo de análisis a posteriori (Dowe

2000 3). Ahora bien, un análisis a posteriori de la relación causal deja abierta dos posibilidades en caso de ser verdadero: puede ser una verdad contingente o una verdad necesaria. Dowe elige la primera de estas alternativas. En suma, el autor busca establecer un análisis empírico de la causación física que tenga el estatus de verdad contingente.

En este sentido, Dowe sostiene que es un error común pedir a un análisis de este tipo que se cumplan para todos los mundos lógicamente posibles (Dowe 2000 6). Los análisis empíricos de la causación, como los de Aronson, Fair y Salmon, buscan cumplirse solo en el mundo actual, ya que no buscan establecer identidades necesarias entre los conceptos involucrados (Dowe 2000 6). Lo que el autor busca es un análisis empírico basado en la ciencia. Sostiene que de alguna manera la ciencia “informa” a la filosofía sobre los elementos que interviene en una relación causal y, de esta forma, la filosofía puede aprovechar estos resultados usándolos a su favor (Dowe 2000 7). Es precisamente por este motivo que Dowe sostiene que su análisis es un análisis de la causación física.

En líneas generales, el trabajo de Dowe se articula en torno a tres preguntas centrales que guían el desarrollo de su teoría. En primer lugar, se plantea responder a la pregunta: ¿qué son los procesos e interacciones causales? Esta tarea da lugar a una particular visión acerca de los procesos e interacciones causales, donde lo que guía la caracterización propuesta es la distinción entre procesos causales y pseudoprocesos. La idea central de Dowe en este punto es que la posesión de una cantidad conservada, más que la transmisión de una marca (como postula Salmon), es lo que permite distinguir entre procesos causales y pseudoprocesos (Dowe 2000 89). La segunda pregunta que Dowe se propone responder es: ¿cuál es la conexión entre causa y efecto?, lo cual se aborda en el Capítulo 7 de su libro. Por último, en el Capítulo 8, enfrenta la pregunta: ¿qué distingue a la causa de su efecto? A continuación, nos extenderemos en la primera de las preguntas que se plantea el autor, mencionando los puntos más importantes que nos competen en el presente artículo. Es justamente en la propuesta sobre qué son los procesos e interacciones causales donde, proponemos, existe una ambigüedad en la postura del autor. En las siguientes secciones pondremos el énfasis en los puntos que sean importantes para la discusión que se pretende desarrollar.

#### **4. LA TEORÍA DE LAS CANTIDADES CONSERVADAS**

Mediante su TCC, Dowe pretende responder la pregunta acerca de qué son los procesos e interacciones causales. Para ello, sostiene que su teoría puede ser expresada por las siguientes definiciones:

**CC1:** Un proceso causal (causal process) es una línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada.

**CC2:** Una interacción causal (causal interaction) es una intersección de líneas de mundo que involucra intercambio de una cantidad conservada. (Dowe 2000 90)<sup>7</sup>

Para Dowe, un proceso es una línea de mundo de un objeto, donde la línea de mundo de un objeto es la colección de puntos en un diagrama de Minkowski del espacio-tiempo que representa la historia del objeto (Dowe 2000 90). De esta manera, los procesos son “gusanos” en el espacio-tiempo.

En el lenguaje de la teoría especial de la relatividad, las líneas de mundo pueden ser tipo-tiempo (*timelike*), tipo-espacio (*spacelike*) o tipo-luz (*lightlike*). Una línea de mundo es tipo-tiempo si todos sus puntos se encuentran dentro del cono de luz futuro desde el punto de partida considerado. Una línea de mundo es tipo-espacio si algunos de sus puntos se encuentran fuera del cono de luz. Una línea de mundo es tipo-luz si todos sus puntos se encuentran sobre el cono de luz. Según la teoría especial de la relatividad, el tipo de línea de mundo del objeto considerado indica a qué velocidad se mueve dicho objeto: si es tipo-tiempo, su velocidad es menor que la velocidad de la luz, si es tipo-luz, su velocidad es la de la luz, y si es tipo-espacio, al menos en alguna región espacio-temporal supera la velocidad de la luz. Para Dowe, independientemente del tipo de línea de mundo de que se trate, cualquier línea de mundo es un proceso. Sin embargo, en términos relativistas, un punto dentro del cono de luz y un punto fuera del cono de luz no pueden vincularse causalmente. Siguiendo estas ideas físicas, Dowe dirá que si un proceso es tipo-tiempo o tipo-luz, es un proceso causal; si es tipo-espacio, se trata de un pseudoproceso.

En otros términos, un pseudoproceso no es un proceso causal porque ocurre a velocidades superiores a la de la luz. Para ejemplificar este caso, Dowe recurre al caso de un punto de luz moviéndose sobre un muro (Dowe 2000 90). La trayectoria que describe ese punto de luz es un pseudoproceso, ya que el movimiento del punto de luz en el muro puede ocurrir a velocidades mayores a la de la luz. Lo mismo ocurre, por ejemplo, si apuntamos con un potente laser a dos puntos distantes en el cielo: el movimiento del punto de luz desde un punto a otro en el cielo podría ocurrir a velocidades mayores a la de la luz, por tanto, este proceso califica como pseudoproceso.

<sup>7</sup> En el Capítulo 5 de su libro, Dowe sostiene explícitamente que tanto CC1 como CC2 representan definiciones de los conceptos antes mencionados (Dowe 2000 93). Sin embargo, en la Sección 5 se mostrará cómo estas definiciones se convierten en verdades contingentes en la argumentación de Dowe, cuando se trata de responder algunas críticas a su teoría de la causación.



Ahora bien, para el autor, lo esencial en la distinción entre procesos causales y pseudoprocesos está en la posesión<sup>8</sup>, por parte del objeto, de una *cantidad conservada* (como se puede ver en CC1), esto es, de una propiedad física del objeto cuya magnitud no varía a través del proceso. Así, el movimiento del punto de luz en el muro es un pseudoproceso no porque podría ocurrir a velocidades mayores a la de la luz (lo cual es efectivamente el caso), sino porque en la dirección del movimiento el proceso no posee una cantidad conservada. Lo mismo podemos decir del desplazamiento del punto de luz entre dos puntos distantes en el cielo. Por el contrario, si consideramos la dirección de la trayectoria del haz de luz, este califica como proceso causal, ya que en esa dirección el haz de luz sí posee cantidades conservadas; por ello, es capaz de “causar” en esa dirección. Esto, de acuerdo a Dowe, califica como proceso causal.

Otro ejemplo que permite clarificar aún más la distinción entre proceso causal y pseudoproceso es el siguiente. Considérense los miles de espectadores de un multitudinario partido de fútbol, quienes, después de celebrar un gol de su equipo favorito, se organizan para hacer “la ola”. Estas ondas, que es posible visualizar cuando las tribunas se observan desde una cierta distancia, califican como pseudoproceso, ya que no existen cantidades conservadas en la dirección del movimiento observado. Sin embargo, si nos enfocamos en un solo espectador, podremos percatarnos que el movimiento que realiza es el de pararse para luego sentarse: considerando la dirección de este movimiento individual, puede decirse que corresponde a un proceso causal, ya que en esa dirección el objeto (el espectador) sí posee cantidades conservadas.

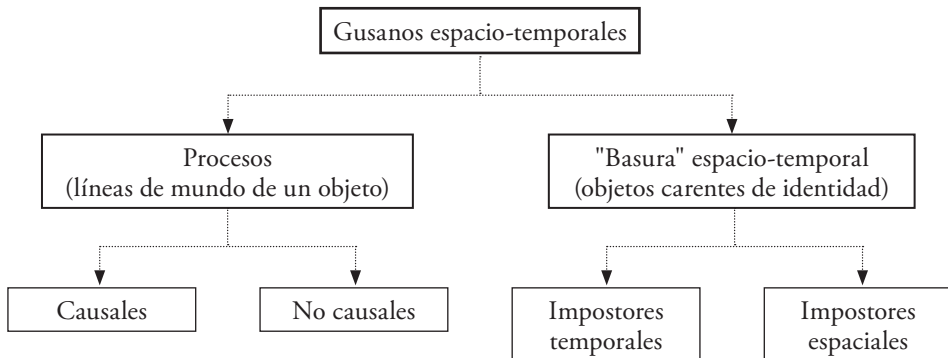
En un intento de precisar aún más su teoría, Dowe introduce una distinción aún más general respecto de los gusanos espacio-temporales. Sostiene que no todos los gusanos espacio-temporales son líneas de mundo o, lo que es lo mismo, no todos los gusanos espacio-temporales son procesos (Dowe 2000 91). Para que un gusano espacio-temporal sea una línea de mundo, esto es, un proceso, es necesario que el objeto representado por dicho gusano exhiba identidad a través del tiempo. En otras palabras, la proposición CC1 supone que las distintas partes del proceso son las mismas en diferentes momentos (Dowe 2000 91). Esta exigencia de identidad del objeto a través del tiempo permite restringir los gusanos espacio-temporales que califican como proceso, ya que existen objetos que no exhiben identidad a través del tiempo o del espacio. Dowe denomina a estos objetos, los que no exhiben identidad, “basura espacio-temporal”; ejemplos de ellos son los llamados “impostores temporales” (timewise gerrymanders) e “impostores espaciales” (spacewise gerrymanders).

8 Aquí “posesión”, de acuerdo a Dowe, debe entenderse como instanciación de una propiedad (Dowe 2000 92).

Los impostores temporales, según Dowe, son objetos putativos que se definen de forma distinta en diferentes momentos (Dowe 2000 99). Así, por ejemplo, el objeto bajo análisis podría ser “el objeto que poseo en mi bolsillo”, donde, el objeto será distinto en diferentes momentos. En mi bolsillo puedo tener en un tiempo  $t^1$  una moneda, en un tiempo  $t^2$  un bolígrafo y en un tiempo  $t^3$  un teléfono celular. Por otra parte, los impostores espaciales corresponden a objetos putativos que son la suma mereológica de objetos en un intervalo de tiempo determinado; como ejemplifica el mismo Dowe, uno de estos objetos puede ser una moneda en mi bolsillo más una lapicera en el escritorio más un reloj en mi muñeca. Según Dowe, es claro que las líneas de mundo de estos impostores no constituyen procesos legítimos.

En definitiva, para la TCC un proceso (causal o no) es una línea de mundo de un objeto, es decir, un gusano espacio-temporal. Este objeto debe exhibir identidad a través del tiempo, lo cual descarta los gusanos espacio-temporales que no cumplen con esta condición y que, por tanto, no son procesos: quedan excluidos los impostores temporales y espaciales. Ahora bien, entre los gusanos espacio-temporales que son procesos, pueden distinguirse los causales de los no causales, dependiendo de si poseen cantidades conservadas o no, respectivamente. Esta clasificación puede esquematizarse del siguiente modo:

**Figura 1.** Esquema con clasificación de los gusanos espacio-temporales



Hasta aquí parece quedar claro que un proceso causal es una línea de mundo que posee una cantidad conservada, pero aún no se ha especificado qué se entiende por cantidad conservada. Para Dowe, una *cantidad conservada* es cualquier cantidad gobernada por un principio de conservación; según el autor, las teorías científicas actuales son nuestra mejor guía para saber cuáles son las cantidades que se conservan. De esta manera, cantidades como energía, momento (o cantidad de movimiento) y carga eléctrica pueden ser conside-

radas, de acuerdo con el criterio de Dowe, cantidades conservadas. Por lo tanto, el papel que desempeñan los principios de conservación es central a la hora de elucidar la idea de proceso causal, ya que son ellos los que permiten identificar qué cantidades se conservan (como el momento o la energía) y cuáles no (como la velocidad) (Dowe 2000).

Un punto relevante para tener en cuenta es que las cantidades que el autor señala como conservadas no pertenecen a una misma y única teoría física. Por un lado, la carga eléctrica es un concepto físico que proviene del electromagnetismo, y es en esta teoría que se cumple el principio de conservación de la carga. Por otro, energía y momento son cantidades que pueden hallarse en el marco de más de una teoría física, por ejemplo, en la mecánica clásica, la relatividad especial y también en la teoría general de la relatividad, pero los correspondientes principios de conservación no se cumplen del mismo modo en todas las teorías en las que estos conceptos aparecen. Por ejemplo, en mecánica clásica se enuncia un principio de conservación de la energía y, por otra parte, un principio de conservación del momento. En cambio, en relatividad especial y en la teoría general de la relatividad no se formula un principio independiente para cada una de estas cantidades, sino que se habla de la conservación de la energía-momento. Por lo tanto, cuáles son las cantidades conservadas depende de la teoría física que se considere. Por ello podemos preguntarnos de modo válido a qué cantidades conservadas se refiere exactamente Dowe (volveremos a este punto más adelante).

Respecto de CC2, una intersección de procesos (líneas de mundo) es la superposición en el espacio-tiempo de dos o más procesos. La intersección ocurre entonces en una *región local* del espacio-tiempo que consta de todos los puntos del espacio-tiempo que son comunes a ambos procesos (Dowe 2000). Cabe destacar que el hecho de que la intersección se presente en una región local del espacio-tiempo es un claro indicio de que la teoría de Dowe es *local*<sup>9</sup>: la interacción causal es independiente de lo que suceda fuera de la región en la que transcurran los eventos. En consecuencia, todo proceso causal dependerá de hechos locales sobre el proceso, es decir, de la posesión por parte del objeto de una cantidad física que se conserve, y no dependerá de lo que ocurra en otros lugares del universo fuera de la región local (Dowe 2000).

La tcc de Dowe es actualmente la teoría de la causación física más desarrollada y articulada con la que se cuenta. En ella confluye toda una tradición de

9 Es importante mencionar que algunos críticos de la tcc consideran que la teoría no es local como supone su autor. De hecho, el objetivo central del artículo de Rueger, citado en este trabajo, es mostrar que el criterio de las cantidades conservadas no es suficiente para capturar el supuesto carácter local de la teoría de Dowe. En relación con el aspecto local de la tcc, véase Dowe (2014 44).

teorías físicas de la causación, como las de Aronson, Fair y Salmon, llevando a su punto más alto las aspiraciones reduccionistas y fisicalistas para abordar el problema de la causación. Además, es la mejor teoría disponible para distinguir casos genuinos de causación de casos espurios, fundamentalmente en el terreno de la física.

Uno de los puntos importantes a destacar, es el carácter contingente que, según el autor, tiene la proposición CC1. Para Dowe, la identidad entre ‘proceso causal’ y ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’ es contingente respecto de las leyes de la naturaleza. Como se mencionó al principio de la sección anterior, el autor busca realizar un análisis empírico a posteriori de la relación causal apoyado en lo que nos dictan las teorías físicas actuales, por tanto, la contingencia de la identidad se encuentra apoyada en esta premisa. Sin embargo, como se mostrará más adelante, se cree más adecuado considerar la proposición CC1 como metafísicamente necesaria. Antes de pasar a los argumentos que permiten sostener esto, es necesario revisar una de las críticas que algunos autores le hacen a la TCC. La respuesta del autor a estas críticas deja entrever aún más claramente sus argumentos para considerar a CC1 como contingente. Por esto, se hace necesario ver la crítica y la correspondiente respuesta del autor.

## 5. TEORÍA DE LAS CANTIDADES CONSERVADAS COMO HIPÓTESIS CONTINGENTE

Múltiples y variadas han sido las críticas que se han dirigido a la TCC<sup>10</sup>. Sin embargo, una corriente de críticas, provenientes del ámbito de la filosofía de la física<sup>11</sup>, es la que nos servirá como hilo conductor para visibilizar y poner en perspectiva los argumentos de Dowe para considerar a TCC como una hipótesis contingente. En general, estas críticas han señalado que la teoría de Dowe presenta inconsistencias en algunos espacio-tiempos de la RG, donde existen ciertas dificultades para enunciar principios de conservación o donde no se los puede enunciar con la misma precisión con la que se los enuncia en los contextos de la mecánica clásica o de la relatividad especial. La estrategia de esta sección será, entonces, exponer las discusiones que Dowe ha sostenido con sus críticos con las consecuentes respuesta del autor.

10 Otras críticas, no expuestas en este trabajo se pueden encontrar en Salmon 1994 y 1997, Quezada 2002, Miguel y Paruelo 2004, 2005 y 2007.

11 Una crítica muy interesante en este ámbito, hace alusión a la relación entre cantidades conservadas y la definición de sistema cerrado en física (*cf.* por ejemplo, Choi 2003). Sin embargo, aquí no seguiremos esta línea argumentativa.

Alexander Rueger (1998) se ocupa específicamente de criticar las teorías de proceso, como las de Salmon y Dowe. El objetivo central de su trabajo es mostrar que estas teorías, basadas en los criterios de transmisión de marca y cantidades conservadas, respectivamente, no son buenas candidatas para caracterizar la relación causal como local, tal como sus autores afirman que lo hacen sus teorías. Respecto de la TCC, de acuerdo con el argumento de Rueger, el hecho de que las cantidades conservadas dependan del espacio-tiempo de fondo es suficiente para sostener que la conexión causal no es una relación intrínseca, ya que dependería de condiciones (como el espacio-tiempo) que están más allá de los eventos relacionados causalmente.

Rueger muestra que, para un espacio-tiempo galileano, los principios de conservación en forma diferencial encuentran su homólogo integral, que es la que permite hablar de conservación en una región finita del espacio-tiempo. A continuación, muestra que, de manera similar, los principios de conservación en forma diferencial son integrables en un espacio-tiempo relativista especial, el espacio de Minkowski. Sin embargo, en relatividad general, los espacio-tiempos carecen de las simetrías que poseen los espacio-tiempos galileanos y minkowskianos. Que la teoría general de la relatividad sea generalmente covariante, es decir, que las ecuaciones que describen objetos tengan la misma forma en todos los sistemas de coordenadas, no equivale a su invariancia bajo transformaciones de simetría (Rueger 1998 32). Pero son justamente estas simetrías del espacio-tiempo las que permiten obtener la forma integral de un principio de conservación en forma diferencial. Recapitulando, los espacio-tiempos de la relatividad general carecen de las simetrías necesarias para que los principios de conservación, formulados en forma de diferencias, puedan ser reformulados en forma integral; por lo tanto, en tales espacio-tiempos, los principios de conservación no permiten hablar de cantidades que se conservan localmente, es decir, en regiones finitas del espacio-tiempo. En consecuencia, la idea de Dowe de una teoría de la causación en términos de interacciones causales locales no puede aplicarse a los universos descritos por la teoría general de la relatividad. Otros autores critican la TCC en este mismo sentido, ya sea enfatizando directamente los problemas con las leyes de conservación en relatividad general, o enlazando este problema con las teorías físicas de la causación (ver, por ejemplo, Curiel 2000, Vicente 2002, Luper 2009, Lam 2010, entre otros). Carl Hoefer (2000), por otra parte, mantiene una postura un tanto más controversial al respecto al sostener, lisa y llanamente, que no existen genuinos principios de conservación en la teoría general de la relatividad.

Frente a esta situación, Rueger (37) señala que existen dos posibles salidas para el defensor de la TCC: o bien (i) se puede insistir en que la noción de causación, en tanto relación local, es correcta y, en consecuencia, concluir que no existen relaciones causales genuinas en el mundo; o bien (ii) se puede considerar la posibilidad de que la intuición local no sea correcta y, por lo tanto, deba ser abandonada.

En suma, estos argumentos señalan la existencia de dificultades para enunciar principios de conservación locales en el ámbito de la teoría general de la relatividad. Al no contar con tales principios, la teoría de Dowe tendría dificultades para distinguir procesos causales de no causales en el contexto relativista general, y esto constituiría un punto débil de su teoría física de la causación. En efecto, si bien las dificultades se presentan solamente en contextos relativistas generales, no pueden ser ignoradas, ya que la TCC necesita de principios de conservación que la respalden; de lo contrario, no podría siquiera ser formulada. Además, la teoría general de la relatividad es considerada la teoría fundamental de la física para describir el universo a gran escala y, por ello, su marco conceptual no puede ser ignorado por una propuesta que pretende ser empírica y no meramente conceptual, como la de Dowe.

Por supuesto, Dowe se hace eco de estas objeciones. Y es precisamente en el marco de esta defensa que la posición del autor frente a la necesidad o contingencia de la teoría que postula se manifiesta más claramente. Veamos entonces, detalladamente, la respuesta del autor.

De acuerdo con Dowe, la proposición CC1, que establece la identidad entre ‘proceso causal’ y ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’, es una identidad *contingente* y no metafísicamente necesaria. En palabras del propio autor:

“La identidad de ‘proceso causal’ con ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’ es contingente, y no metafísicamente necesaria. La hipótesis es que en nuestro mundo, y en mundos suficientemente cercanos, como la mayoría de los que obedecen nuestras leyes, un proceso causal es la línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada. Dejamos de lado la pregunta de hasta donde podemos alejarnos de lo actual antes que nuestra hipótesis deje de tener sentido” (Dowe 2000 95)<sup>12</sup>.

12 “The identity of ‘causal process’ with ‘the worldline of an object that possesses a conserved quantity’ is contingent, and not metaphysically necessary. The hypothesis is that in our world, and in close enough worlds, such as most of those that obey our laws, a causal process is the world line of an object that possesses a conserved quantity. We leave aside the question of how far we can stray from actuality before this hypothesis stops making sense”.

En relación con esta afirmación, Dowe ofrece el siguiente ejemplo. Supongamos que  $\{q_a, q_b, q_c, q_d\}$  es un conjunto de cantidades conservadas en el mundo actual  $W_a$ , y consideremos un mundo  $W_c$  donde ninguna de estas cantidades se conserva y donde existe una cantidad conservada  $q_c$ . ¿Es la línea de mundo de un objeto en  $W_c$ , que posee la cantidad conservada  $q_c$ , un proceso causal en  $W_a$ ? ¿O es en  $W_c$ , la línea de mundo de un objeto que posee  $q_a$ , por ejemplo, un proceso causal? La respuesta de Dowe a estas preguntas es, simplemente, que su teoría no nos puede decir nada al respecto (Dowe 2000 96).

Según el autor, su respuesta abre una tercera opción, más satisfactoria que las dos ofrecidas por Rueger, frente a la identidad entre “proceso casual” y “línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada”: la identidad es de carácter contingente respecto a las leyes de la naturaleza: “Sin embargo, hay una tercera opción, que se desprende de lo que ya dije. La teoría de las Cantidades Conservadas es una hipótesis contingente, contingente respecto de las leyes de la naturaleza, por ejemplo” (Dowe 2000 97)<sup>13</sup>. Sobre esta base, Dowe argumenta que, si hay espacio-tiempos relativistas generales donde no se cumplen los principios de conservación, esto no implica que tales principios fallen en nuestro mundo: el espacio-tiempo exhibe las simetrías correctas y, por lo tanto, los principios de conservación se cumplen en nuestro mundo:

Pero el hecho de que haya espacio-tiempos relativistas generales en los cuales las leyes de conservación globales no se cumplen no implica que tales leyes fallen en nuestro mundo. Si lo hacen o no depende de la estructura *actual* del espacio-tiempo, y en particular, si ciertas simetrías se sostienen. Tal como yo lo entiendo, nuestro espacio-tiempo exhibe las simetrías correctas; las leyes globales de conservación sí se cumplen en nuestro universo hasta donde sabemos. Considero, entonces, que la teoría de las cantidades conservadas no está refutada.” (Dowe 2000 97)<sup>14</sup>.

Dowe avanza incluso más allá cuando sostiene que no se ha mostrado que los principios de conservación fallen en todos los mundos posibles. Por ello, sugiere que la identidad entre ‘proceso causal’ y ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’ podría cumplirse en todos los mundos físicamente posibles, donde los mundos físicamente posibles, para el autor, son

13 “However, there is a third option, which follows from what I have already said. The Conserved Quantity theory is a contingent hypothesis, contingent on the laws of nature, for example”.

14 “But the fact that there are general relativistic spacetimes in which global conservation laws do not hold does not entail that global conservation laws fail in our world. Whether they do or not depends on the actual structure of spacetime, and in particular whether certain symmetries hold. As I understand it, our spacetime does exhibit the right symmetry; global conservation laws do hold in our universe as far as we know. I take it, then, that the conserved quantity theory is not refuted”.



aquéllos donde se cumplen las mismas leyes de la naturaleza que en el mundo actual (Dowe 2000 97). De esta forma, Dowe argumenta que, al afirmar que existen espacio-tiempos no simétricos en RG, solo se está diciendo que ésa es una solución de las ecuaciones de campo de Einstein, pero no que representan un mundo físicamente posible en el sentido en que él lo define:

He sugerido que esta explicación debería probablemente cumplirse en todos los mundos físicamente posibles, estos es, en todos los mundos que tiene las mismas leyes de la naturaleza que el nuestro. ¿Ha mostrado Rueger que esto no es así? De ninguna manera. Decir, por ejemplo, que los espacio-tiempos no simétricos son posibles puede ser erróneo. Esto significa simplemente que es una solución de las ecuaciones de la Teoría General de la Relatividad.” (Dowe 2000 97)<sup>15</sup>.

Lo dicho hasta aquí permite advertir ya una tensión en la presentación de Dowe de su propia teoría de la causación. Las proposiciones CC1 y CC2 se introducen originalmente como respuesta a la pregunta acerca de qué es una relación causal y, por tanto, parece razonable interpretarlas como definiciones de los conceptos de proceso causal y de interacción causal. Sin embargo, cuando la argumentación del autor avanza en la necesidad de enfrentar críticas plausibles, las mismas proposiciones adquieren el estatuto de verdades contingentes. Sobre esta base, en las siguientes secciones se argumentará que las afirmaciones de Dowe podrían conducir a dos posiciones claramente diferenciadas, según sea el modo en que se suponga la naturaleza de las proposiciones CC1 y CC2: si se las interpreta como definiciones o como meras caracterizaciones de los procesos e interacciones causales. Cada una de estas posiciones –independientemente de por cuál el lector se incline– permite una ulterior clarificación de la teoría, que su propio autor no entrega. Pero antes de adentrarnos en este análisis, es necesario precisar algunas nociones básicas sobre mundos posibles y los diferentes niveles en los que podemos jerarquizar estos mundos. Estas distinciones nos permitirán llevar a cabo nuestro análisis final de una manera más clara y precisa.

15 “I have suggested that the account should probably hold in all physically possible worlds, that is, in all worlds that have the same laws of nature as ours. Has Rueger shown that this is not so? Not at all. To say, for example, that nonsymmetric spacetimes are possible can be misleading. It means simply that it is a solution to the equations of the General Theory of Relativity.”



## 6. MUNDOS POSIBLES

En cualquier discusión contemporánea sobre las nociones de necesidad y posibilidad, se suele distinguir entre mundos *físicamente* posibles, mundos *metafísicamente* posibles y mundos *lógicamente* posibles. Aunque implícito en la literatura actual, el significado de esta distinción no resulta del todo claro y, por ello, su uso suele dar lugar a numerosos equívocos.

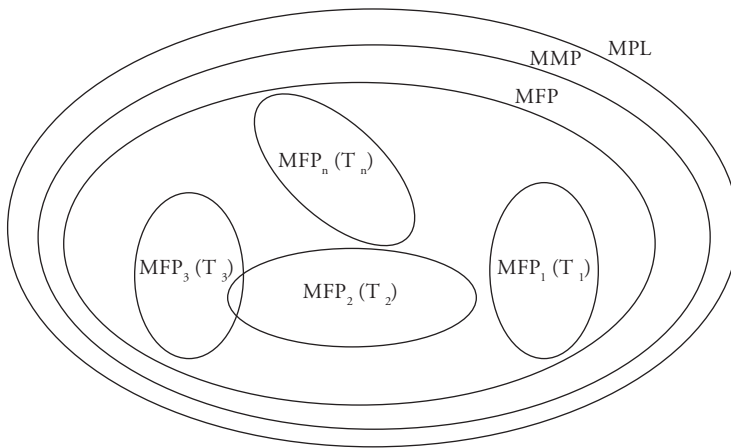
La noción de *mundo posible* fue introducida por Leibniz para hacer referencia a las distintas maneras en que Dios podría haber creado el mundo. Siglos después, fue retomada por la filosofía analítica, sobre todo por los avances en lógica y en matemática debidos a Gottlob Frege a fines del siglo XIX y por los trabajos de Ludwig Wittgenstein a inicios del XX. Sin embargo, es a mediados del siglo XX cuando esta noción se tornó particularmente central para la filosofía analítica: filósofos como David Lewis, Robert Adams, Alvin Plantinga y Saul Kripke no solo discutieron qué debe entenderse por mundo posible, sino que también buscaron elucidar la naturaleza metafísica de estos mundos, es decir, si se trataba de mundos posibles reales (tal como nuestro mundo actual) o, en cambio, eran meras formas del lenguaje o construcciones mentales. Más allá de estas discusiones, en este trabajo nos focalizaremos en precisar las distinciones entre los diferentes tipos de mundos posibles; es decir, en qué se fundamenta la distinción por lo general implícita entre mundos físicamente posibles, mundos metafísicamente posibles y mundos lógicamente posibles. Con ello, pretendemos generar un escenario propicio para discutir la respuesta de Dowe a sus críticos.

Comencemos por considerar la noción de mundo *físicamente* posible. Una clara elucidación de esta noción la brinda John Earman en su libro *A Primer on Determinism* (1986), donde caracteriza mundo físico y mundo físicamente posible. De acuerdo con Earman (13), un mundo físico es un conjunto de eventos inscriptos en una determinada estructura espacio-temporal de cuatro dimensiones. Aunque esta definición es del todo general y, por lo tanto, válida independientemente de cuál sea la teoría física que estemos considerando, la estructura espacio-temporal sí se configurará de diferentes maneras dependiendo de cuál sea la teoría física que asumamos: por ejemplo, en mecánica clásica, la estructura espacio-temporal será, por una parte, el espacio absoluto euclídeo de tres dimensiones y, por el otro, un espacio temporal unidimensional absoluto; si, en cambio, consideramos la teoría especial de la relatividad, entonces la estructura del espacio-tiempo será la del espacio-tiempo de Minkowski de cuatro dimensiones (tres espaciales y una temporal); y si estudiamos la RG, la estructura del espacio-tiempo corresponderá a una geometría pseudo-riemanniana. En otras palabras, la estructura espacio-temporal no es

la misma en todos los casos sino que, por el contrario, el modo en que se configuran sus cuatro dimensiones varía dependiendo de la teoría en cuestión.

En cuanto a la noción de mundo físicamente posible (MFP), Earman parte de considerar que el mundo actual contiene todos los eventos que han ocurrido, que están ocurriendo y que van a ocurrir, y los mundos físicamente posibles son los conjuntos de todos los eventos posibles que constituyen historias alternativas a las del mundo actual, donde son historias alternativas aquellas que satisfacen las leyes de la física del mundo actual. Cuando se toma en cuenta la coexistencia de múltiples teorías físicas, de las definiciones de Earman se sigue que cada teoría física define infinitos mundos físicamente posibles que pueden o no ser compatibles con los mundos posibles definidos por otra teoría.

Sin embargo, como ya mencionamos, la estructura de mundos posibles es aún más compleja, incluyendo mundos metafísicamente posibles (mmp) y mundos lógicamente posibles (MLP). En la Figura 2 se muestra esta jerarquía de diferentes niveles de mundos posibles (Vaidya): los conjuntos mfp de los mundos físicamente posibles son subconjuntos del conjunto mmp y este, a su vez, es un subconjunto del conjunto mlp. Por lo tanto, si un mundo es físicamente posible, es tanto un mundo metafísicamente posible como también un mundo lógicamente posible, mientras que las relaciones inversas no se cumplen.



**Figura 2.** Jerarquización de los diferentes niveles de mundos posibles

También es importante resaltar que, incluso en el nivel de mundos físicamente posibles, se definen múltiples conjuntos de este tipo de mundos, dependiendo de qué teoría física se considere. Por ejemplo, si  $MFP(T_i)$  indica el conjunto de mundos físicamente posibles en el contexto de la teoría física

Ti, los conjuntos así definidos pueden ser disjuntos, o pueden intersectarse, es decir, pueden existir historias del mundo que son posibles de acuerdo con más de una teoría física. De igual manera, estos conjuntos de mundos físicamente posibles pueden ser mutuamente excluyentes, es decir, pueden existir historias del mundo que son posibles de acuerdo a una teoría física, pero imposibles en otra.

## 7. ACERCA DEL MODO DE “CAPTURAR” PROCESOS E INTERACCIONES CAUSALES

Retomemos ahora la discusión acerca del modo de interpretar los postulados básicos de la TCC de Dowe. Como señalamos en las secciones anteriores, en distintos pasajes de su libro el propio autor brinda indicaciones diferentes a este respecto. En esta sección desarrollaremos y analizaremos las diferentes alternativas, lo cual conducirá a articulaciones de la teoría de la causación de Dowe que el propio autor no discute.

Con este objetivo, concentraremos la atención en la siguiente proposición, que llamaremos *p*:

*p*: ‘proceso causal = línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’

Recuérdese que esta identidad corresponde a la proposición CC1 de la teoría de Dowe. El análisis que sigue se aplica a esta proposición, ya que es justamente la identidad en conflicto de acuerdo con la defensa que hace el autor ante las críticas formuladas a su teoría. No obstante, entendemos que la conclusión a la que arribemos en este análisis respecto de CC1 también aplica a la proposición CC2, ya que la formulación de esta última depende de CC1.

### 7.1. ¿Definición o caracterización?

Si nos enfrentamos a una teoría filosófica acerca de un cierto ítem *I*, esperamos que la teoría nos defina tales ítems. Y si esto no es posible porque no pueden darse condiciones necesarias y suficientes para que un ítem genérico sea un ítem *I*, esperamos que la teoría nos brinde al menos elementos para caracterizar esos ítems *I* a fin de comprender por qué es razonable clasificar un ítem genérico como *I*.

En el caso de la TCC, la primera alternativa por considerar es, entonces, que *p* sea una definición *de dicto* de proceso causal. Si así fuera, la identidad *p* sería estrictamente una identidad lógica: ‘proceso causal’ y ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’ serían en sentido estricto distintos

términos con los cuales nombramos lo mismo en el plano ontológico. En otras palabras, ‘proceso causal’ sería una mera etiqueta lingüística que aplicamos a una cierta clase de ítems que pueblan la ontología. Y en tanto definición *de dicto*, el vínculo lingüístico entre los dos términos sería por completo convencional: nada que sucediera en el mundo actual ni en ningún mundo posible podría hacer que la identidad se volviera falsa porque, precisamente, dicha identidad nada dice acerca del mundo. En este sentido,  $p$  sería un enunciado *lógicamente necesario*, es decir, sería verdadero en todo mundo lógicamente posible. Pero puesto que, como fue señalado en la sección anterior, todo mundo metafísicamente posible es lógicamente posible, si  $p$  fuera verdadero en todo mundo lógicamente posible, también lo sería en todo mundo metafísicamente posible, es decir, sería un enunciado también metafísicamente necesario. Por lo tanto, cuando Dowe subraya que la identidad  $p$  es contingente y no metafísicamente necesaria, está afirmando que no nos ha brindado una definición *de dicto* de proceso causal.

Si deseáramos insistir en que  $p$  brinda una definición, podríamos suponer que se trata de una definición *de re* de proceso causal: el hecho de ser la línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada expresa la esencia misma de la causación. Más allá de que esta postura compromete a aceptar ítems filosóficamente desprestigiados como las esencias, lo que hace que una identidad sea una definición *de re* es el hecho de ser *metafísicamente necesaria*: si bien pueden existir mundos lógicamente posibles donde la esencia de proceso causal no sea la recogida en la definición, lo que la definición *de re* expresa es aquello que hace que la causación sea lo que es y no otra cosa, y en ello radica su necesidad metafísica. Pero de nuevo recordamos que Dowe ha señalado inequívocamente que la identidad  $p$  es contingente y no metafísicamente necesaria; por lo tanto, no nos ha brindado una definición *de re* de proceso causal.

Si  $p$  no es una definición, ni *de dicto* ni *de re*, de proceso causal, tal vez sea más adecuado suponer que se trata de una mera caracterización de los procesos causales, que nos permite identificar, en el entorno en el que vivimos, qué línea de mundo es un proceso causal y cuál no lo es, pero sin explicar el motivo para ello: en otras situaciones, el criterio suministrado podría dejar de ser válido o adecuado. Para expresar esta idea en el lenguaje de los mundos posibles, diríamos que  $p$  es una identidad *metafísicamente contingente*: si bien verdadera en nuestro mundo actual, existen mundos metafísicamente posibles donde la proposición  $p$  es falsa. Esta es la alternativa que parece haber elegido Dowe en su respuesta a las críticas provenientes de las discusiones acerca de la validez de los principios de conservación en la RG. Si bien esta posición no

implica inconsistencia alguna, puede generar una cierta desazón respecto de las expectativas: parece razonable esperar que una teoría de la causación física nos explique qué es la causación, y no que meramente nos indique los casos de causación en nuestro propio entorno físico.

Si se admite que la TCC no brinda una definición de proceso causal y que hay mundos posibles donde la caracterización de Dowe no se cumple, podemos preguntarnos cuáles son esos mundos metafísicamente posibles donde la proposición  $p$  resulta falsa. Puesto que el autor afirma que  $p$  es una hipótesis contingente *respecto de las leyes de la naturaleza*, parece razonable suponer que  $p$  es falsa en los mundos metafísicamente posibles pero físicamente imposibles, es decir, en aquellos mundos donde no se cumplen las leyes físicas del mundo actual. Esta alternativa sería coherente con el hecho de que la identidad  $p$  es contingente y no metafísicamente necesaria. Pero a la vez genera perplejidad cuando nos preguntamos por qué la proposición  $p$  sería falsa en un mundo físicamente imposible. Para que una identidad como  $p$  sea falsa, es necesario que los dos términos de la identidad refieran a clases distintas; en nuestro caso, se requiere que la clase de los procesos causales y la clase de las líneas de mundo de objetos que poseen una cantidad conservada no fueran la misma clase. Pero esto supone que existen criterios definicionales que permiten identificar las clases así relacionadas independientemente de la identidad cuya verdad se pretende establecer. En el caso que nos ocupa, deberíamos contar con elementos para determinar la clase de los procesos causales y la clase de las líneas de mundo de objetos que poseen una cantidad conservada con independencia de  $p$ . Pero esto es aquello con lo cual en principio no puede contarse, puesto que es el propio enunciado  $p$  el que caracteriza los procesos causales. Es claro que esta dificultad no surgiría si  $p$  fuera una definición y, por tanto, lógicamente o, al menos, metafísicamente necesaria.

Tal vez intuyendo este problema, Dowe parece afirmar que su TCC no se pronuncia acerca de qué son los procesos causales en otros mundos posibles donde no se cumplen las leyes de la física del mundo actual. En efecto, como se señaló en la Sección 5, en el ejemplo de un mundo posible donde se cumple una ley de conservación diferente de la que se verifica en el mundo actual, el autor señala que su teoría nada tiene que decir al respecto. Sin embargo, no queda claro cómo debe comprenderse el agnosticismo de Dowe. ¿Es tal vez que la TCC no permite capturar la naturaleza de los procesos causales en ciertas situaciones y, por tanto, es una teoría de la causación “incompleta”? ¿O es que no se cumple el principio del tercero excluido, según el cual la proposición  $p$  es o bien verdadera o bien falsa, ya que en los mundos físicamente imposibles carece de valor de verdad? La estrategia de Dowe de intentar defender su

teoría frente a las críticas suspendiendo el juicio acerca de situaciones contrafácticas parece generar más problemas de los que resuelve: ahora la dificultad no queda confinada a la aplicación de la TCC a los universos de la relatividad general, sino que parecen extenderse a los propios fundamentos de la teoría.

## 7.2. Volviendo al ámbito de la física

En la subsección anterior, se analizaron las posibles interpretaciones de una de las tesis centrales de la TCC, expresada en el enunciado  $p$ , desde un punto de vista lógico-conceptual. Pero puesto que esta discusión surge como consecuencia de aplicar la TCC a la relatividad general, es necesario volver al ámbito de la física.

Cuando Dowe centra su atención en la teoría general de la relatividad, considera que los mundos físicamente posibles son aquellos descritos por los modelos (o soluciones) de las ecuaciones de campo de Einstein donde se cumplen los principios de conservación. ¿Qué son los procesos causales en los mundos físicamente imposibles donde no hay principios de conservación? Expresando la pregunta en otros términos, ¿cuál es el valor de verdad de la proposición  $p$  en dichos mundos? Si  $p$  es una definición de proceso causal, parece razonable afirmar que la inexistencia de principios de conservación indica que en tales mundos no hay procesos causales, que todos los procesos son pseudoprocesos. Sin embargo, inesperadamente Dowe sostiene que en esos casos  $p$  es falsa: “esto significa que si las leyes resultaran ser de un cierto modo, la teoría sería refutada. Este podría ser el caso si resultara que realmente no hay leyes de conservación” (Dowe 2000 97)<sup>16</sup>.

La primera pregunta que surge frente a esta afirmación es por qué el hecho de que no haya principios de conservación es distinto al caso en que las leyes de conservación sean diferentes. Recordemos el ejemplo de Dowe, apenas una página antes, acerca de un mundo posible donde se conserva una cantidad que no se conserva en el mundo actual. Allí el autor nos decía que la TCC no se pronuncia en esos casos. Pero en el mundo posible donde no hay principios de conservación, la TCC resulta ser falsa. No es fácil hallar un motivo de esta diferencia.

Por otra parte, si en los mundos que carecen de principios de conservación  $p$  es falsa, caemos en la situación conflictiva ya señalada en la sección anterior: la clase de los procesos causales debería ser diferente de la clase de las líneas de

<sup>16</sup> “... this means if the laws turned out to be a certain way, the theory would be refuted. This may be the case if it turns out that there actually are no conservation laws” (Dowe 2000 97).

mundo de objetos que poseen una cantidad conservada. Pero, para que esto fuera posible, debería existir un criterio para identificar los procesos causales independientemente de  $p$ , es decir, necesitaríamos una definición o, al menos, una caracterización de proceso causal independiente de  $p$  que precisamente la TCC no suministra.

Por momentos, Dowe presenta su teoría de la causación como si fuera una teoría empírica, es decir, una teoría con un contenido empírico que la hace pasible de refutación: “si las leyes resultaran ser de un cierto modo, la teoría sería refutada” (Dowe 2000 97). Esta idea aparece ya en las primeras páginas de su libro, cuando insiste en que su propuesta surge, no de un análisis conceptual, sino de un análisis empírico: “el análisis empírico busca establecer qué es efectivamente la causación en el mundo actual. El análisis empírico se propone mapear el mundo objetivo, no nuestros conceptos. Tal análisis solo puede proceder a posteriori” (Dowe 2000 3; *itálica en el original*)<sup>17</sup>. En este sentido, Dowe hace eco de las palabras de David Fair: “Se espera que la relación entre causación y flujo de energía-momento hipotetizada tenga el estatus lógico de una identidad empíricamente descubierta” (231)<sup>18</sup>.

No es necesario adherir a la filosofía popperiana en su conjunto para admitir esta idea: para que un enunciado posea contenido empírico, debe ser refutable. Si el enunciado  $p$  tiene contenido empírico como para ser refutable, debe poder concebirse un arreglo experimental o, al menos, una situación empírica que permitiera hacerlo. Pero no queda para nada claro qué situación en el mundo haría que un proceso causal no fuera una línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada, puesto que no sabemos aún cómo identificar los procesos causales con independencia del propio enunciado  $p$  cuya refutabilidad se está discutiendo.

En este sentido, Dowe (2000) compara el concepto de causación con el de energía. Si bien se originó en el lenguaje ordinario, la ciencia ofreció finalmente una definición del concepto de energía: “ ‘Energía’ tiene hoy un significado técnico preciso. Cuando se pregunta el significado del término, simplemente brindamos la definición científica. ... Podemos decir que la aplicación del método científico de teorizar y experimentar produjo un ‘análisis empírico’

17 “... empirical analysis seeks to establish what causation in fact is in the actual world. Empirical analysis aims to map the objective world, not our concepts. Such an analysis can only proceed a posteriori” (Dowe 2000 3).

18 “... the hypothesized relationship between causation and energy-momentum flows is expected to have the logical status of an empirically discovered identity” (Fair 231).



de la energía” (Dowe 2000 7)<sup>19</sup>. Aquí el autor parece confundir la génesis de un término con el establecimiento de su significado técnico en la ciencia. Es cierto que diversos términos científicos tenían un uso precientífico en el lenguaje ordinario antes de su incorporación a una teoría científica particular. Por ejemplo, en el lenguaje cotidiano los términos ‘fuerza’, ‘trabajo’ y ‘energía’ se encuentran aún hoy ligados a la idea de esfuerzo biológico para la realización de una tarea física. Sin embargo, cuando esos conceptos ingresan a la física a través de la mecánica clásica, pierden sus connotaciones antropocéntricas o biológicas y adquieren un significado técnico preciso a través de una definición científica. No es cierto que la aplicación del método científico produjo un análisis empírico de la energía: el método científico, en todo caso, *definió* un ítem físico y produjo un *análisis empírico* de sus propiedades y comportamiento. Cuando la física actual brinda una *definición* del término ‘energía’, el enunciado que la expresa ya no posee contenido empírico en sentido de refutabilidad: la definición será más o menos útil, más o menos fructífera, pero no puede ser falsa; en la práctica de la física no importa ya cuál es la relación del término científico con su homónimo precientífico, y no existen laboratorios destinados a testear empíricamente la definición de ‘energía’. Por otra parte, es importante recordar que no todos los términos científicos tienen una génesis como la indicada: si bien los términos de las teorías macroscópicas pueden encontrar su origen en el lenguaje cotidiano (además de la mecánica clásica, es el caso de la termodinámica, con los términos ‘calor’ y ‘temperatura’), la mayor parte de los conceptos de las teorías fundamentales de la física son nombrados mediante neologismos (por ejemplo, ‘electrón’, ‘neutrino’), o palabras existentes pero utilizadas de un modo completamente original (‘spin’, ‘color’ aplicado a los quarks).

Tal vez esta confusión entre la génesis de un término y el establecimiento de su significado técnico en la ciencia es el origen de la ya señalada tensión en la propuesta de Dowe. El autor define el término ‘proceso causal’ y con ello pretende brindar una definición científica como la que la física brinda del término ‘energía’. Pero, a su vez, cree erróneamente que la definición técnica de ‘energía’ tiene contenido empírico en el sentido de ser refutable y, por tanto, contingente, y por ello adjudica la misma característica a su definición *p* de ‘proceso causal’. El caso de Dowe no sería el primero de filósofos que pretenden extraer conclusiones metafísicas a partir del conocimiento científico, pero desde una imagen distorsionada de la práctica de la ciencia.

19 “‘Energy’ has today a technical scientific meaning. When asked the meaning of the term, we simply give the scientific definition. ... We can say that application of the scientific method of theorizing and experimentation produced an ‘empirical analysis’ of energy.” (Dowe 2000 7).



Finalmente, cabe señalar que toda la argumentación de Dowe descansa sobre una visión acríticamente realista acerca de la ciencia en general y de la física en particular. El autor parece suponer que la física describe cómo es el mundo en sí mismo, con independencia de los medios teóricos que utiliza para ello. En efecto, no relativiza sus afirmaciones respecto de las diferentes teorías físicas, y parece suponer que la física es un cuerpo completamente coherente de conocimiento. Sin embargo, como ya se señaló, en las ciencias físicas conviven muy diversas teorías que incorporan leyes diferentes, e incluso distintos principios de conservación. Sin un fuerte supuesto ontológicamente reduccionista, no es posible elegir una de las teorías como aquella que brinda la descripción más adecuada de la realidad en sí.

## 8. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La argumentación desarrollada pone de manifiesto diferentes inconvenientes a los que se enfrenta Phil Dowe cuando intenta escapar de ciertas críticas que provienen de aplicar su TCC al caso de ciertos universos de la relatividad general. Su estrategia consiste en considerar el postulado CC1, que identifica ‘proceso causal’ con ‘línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’, metafísicamente contingente, incluso refutable por vía empírica. Sin embargo, esta estrategia suma su propuesta en diversas dificultades, en su mayoría relacionadas con la carencia de un criterio para identificar procesos causales independientes de la propia TCC.

Estas dificultades se evitarían presentando los postulados de la TCC como definiciones. Por ejemplo, CC1 podría interpretarse así:

*p*: ‘llamaremos ‘proceso causal’ a toda línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada’.

De este modo, en nuestro mundo actual y en todos los mundos físicamente posibles, serán procesos causales aquellas líneas de mundo de objetos que poseen las cantidades conservadas según los principios de conservación de nuestra física. En mundos físicamente imposibles donde se cumplen principios de conservación diferentes a los del mundo actual, serán procesos causales las líneas de mundo de objetos que poseen las cantidades conservadas según los principios de conservación de ese propio mundo. Y en los mundos físicamente imposibles donde no existen principios de conservación para ninguna magnitud física, sencillamente no habrá procesos causales. Por supuesto, en cuanto definición de proceso causal, el enunciado *p* no puede ser refutado. Sin embargo, esto no significa que estemos forzados a admitirlo. Una definición, si

bien no posee contenido empírico de tal modo que podría ser falsa, puede ser abandonada por motivos que resultan de la propia dinámica de la ciencia si se mostrara que no es útil, fructífera o suficientemente amplia, que atenta contra la unificación de diferentes enfoques teóricos, o, en general, que no tiene la fecundidad teórica que se esperaba al momento de su formulación. Pero puede suponerse que Dowe no admitiría esta visión, derivada de una concepción pragmática de la ciencia, desde su perspectiva realista que pretende descubrir como la realidad es en sí.

Un aspecto que aquí no ha sido discutido es el que se refiere a la relación entre las ecuaciones de campo de Einstein y los principios de conservación en cuanto a qué se entiende por teoría general de la relatividad: ¿las leyes fundamentales de la relatividad general son las ecuaciones de campo de Einstein o entre ellas también se cuentan los principios de conservación? La cuestión puede generalizarse para preguntar si los principios de conservación en una teoría mecánica derivan o no de las leyes dinámicas de la teoría en cuestión, y si deben analizarse o no como leyes fundamentales de la teoría. La respuesta a estas preguntas afecta claramente a qué tipos de modelos se considerará descripciones de mundos físicamente posibles y a cuáles no. Por ejemplo, si se asume que un principio de conservación es constitutivo de una teoría, en ningún mundo físicamente posible según esa teoría puede no cumplirse dicho principio. Si, por el contrario, los principios de conservación son externos a la teoría, habrá mundos físicamente posibles según esa teoría donde los principios no se verifican. Es claro que la postura que se adopte a este respecto afectará el contenido de la teoría de la causación propuesta por Dowe. Si bien se trata de un tema muy interesante para ser explorado, está más allá de los alcances del presente artículo y será objeto de un trabajo futuro.

## TRABAJOS CITADOS

- Aronson, J. "On the Grammar of 'Cause' ". *Synthese* 22 (1971): 414-430.
- Cartwright, N. "Causal Laws and Effective Strategies". *Noûs* 13 (1979): 419-437.
- Choi, S. "The Conserved Quantity Theory of Causation and Closed Systems". *Philosophy of Science* 70 (2003): 510-530.
- Curiel, E. "The Constraints General Relativity Places on Physicalist Accounts of Causality". *Theoria* 15 (2000): 33-58.
- Dowe, P. "Process Causality and Asymmetry". *Erkenntnis* 37 (1992a): 179-196.

- \_\_\_\_\_. “Wesley Salmon’s Process Theory of Causality and the Conserved Quantity Theory”. *Philosophy of Science* 59 (1992b): 195-216.
- \_\_\_\_\_. “Causality and Conserved Quantities: A Reply to Salmon”. *Philosophy of Science* 62 (1995a): 321-333.
- \_\_\_\_\_. “What’s Right and What’s Wrong with Transference Theories”. *Erkenntnis* 42 (1995b): 363-374.
- \_\_\_\_\_. *Physical Causation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- \_\_\_\_\_. “Localismo y explicación causal”. *Causación, explicación y contrafácticos*. Coord. H. Miguel. Buenos Aires: Prometeo, 2014.
- Earman, J. *A Primer on Determinism*. Dordrecht: Reidel, 1986.
- Fair, D. “Causation and the Flow of Energy”. *Erkenntnis* 14 (1979): 219-250.
- Hoefer, C. “Energy Conservation in GTR”. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 31 (2000): 187-199.
- Lam, V. “Metaphysics of Causation and Physics of General Relativity”. *Humana. Mente* 13 (2010): 61-80.
- Lewis, D. *Counterfactuals*. Oxford: Blackwell, 1973a.
- \_\_\_\_\_. “Causation”. *Journal of Philosophy* 70 (1973b): 556-567.
- Lupher, T. “A Physical Critique of Physical Causation”. *Synthese* 167 (2009): 67-80.
- Miguel, H. y J. Paruelo. “Causación: análisis empírico vs. análisis conceptual”. *Epistemología e Historia de la Ciencia* 10 (2004): 401-407.
- \_\_\_\_\_. “Superposición de interacciones causales en la teoría de Phil Dowe”. *Enrahonar* 37 (2005): 123-139.
- \_\_\_\_\_. “Causar o dejar que ocurra”. *Andamios. Revista de Investigación Social* 4 (2007): 7-18.
- Quezada, W. “Causalidad: teoría, problemas y recomendaciones”. *Proyecto Dicyt – Usach. Teorías filosóficas de causalidad física*. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile, 2000.
- \_\_\_\_\_. “Causalidad física: procesos causales y cantidades conservadas”. *Revista de Filosofía* 58 (2002): 79-100.
- Reichenbach, H. *The Philosophy of Space and Time*. New York: Dover, 1958.
- Rueger, A. “Local Theories of Causation and the a Posteriori Identification of the Causal Relation”. *Erkenntnis* 48 (1998): 25-38.

Russell, B. "On the Notion of Cause". *Proceedings of the Aristotelian Society* 13 (1913): 1-26.

\_\_\_\_\_. *Human Knowledge*. New York: Simon and Schuster, 1948.

Salmon, W. *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*. Princeton: Princeton University Press, 1984.

\_\_\_\_\_. "Causality without Counterfactuals". *Philosophy of Science* 61 (1994): 297-312.

\_\_\_\_\_. "Causality and Explanation: A Reply Two Critiques". *Philosophy of Science* 64 (1997): 461-477.

Suppes, P. *A Probabilistic Theory of Causality*. Amsterdam: North Holland, 1970.

Vaidya, A. "The Epistemology of Modality" *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Ed. E. N. Zalta, 2007. <<http://plato.stanford.edu/entries/modality-epistemology/>>

Vicente, A. "The Localism of the Conserved Quantity Theory". *Theoria* 45 (2002): 563-571.