

# CAUSALIDAD FÍSICA: PROCESOS CAUSALES Y CANTIDADES CONSERVADAS

*Wilfredo Quezada Pulido*  
Universidad de Santiago de Chile

## *Introducción*

**IRB** Las discusiones filosóficas de los últimos 50 años acerca de causalidad usualmente se focalizan en tres niveles del discurso causal: causalidad singular (la relación causal que se sostiene entre objetos, eventos o fenómenos singulares individualizados en el espaciotiempo), procesos causales (procesos extendidos en el tiempo que envuelven aspectos o propiedades que se transmiten de manera legaliforme de un objeto a otro) y poderes causales (capacidades o disposiciones de ciertos objetos a producir otros aspectos o propiedades). Varias preguntas sobre estos niveles son posibles, por ejemplo, si podemos relacionarlos y, si ese fuera el caso, cómo explicaríamos tales relaciones. Una pregunta igualmente fundamental atravesando los niveles y que será el objeto de este ensayo es si la relación misma de causalidad, presente en ellos, puede ser definida por algún concepto o aspecto más básico que es identificado o mediante un análisis a priori o mediante un examen a posteriori de la mencionada relación. Respuestas positivas a esta cuestión, en cualquiera de sus dos variantes, dan origen a lo que se conoce como “programas reductivistas” de causalidad. Es reconocido que el análisis de Hume de la causalidad es el más típico programa reductivista de ella en la variante apriorista. Programas reductivistas a posteriori de carácter fisicistas se insinúan por primera vez en el trabajo de filósofos como Reichenbach y Russell, que concentran su atención en el concepto de proceso causal. Sin embargo, la formulación efectiva de dichos programas sobreviene como consecuencia del trabajo iniciado en los 70 por Aronson y Fair. En la idea original de estos últimos autores, las causas transfieren alguna cantidad física (por ejemplo, momento cinético lineal, energía cinética, calor, entre otras) a través de contacto con sus efectos. Esta idea recibió un respaldo fundamental con la introducción a mediados de los 90 de concepciones relativamente maduras desarrolladas por Dowe y Salmon acerca de procesos e interacciones causales. Así, estos autores describen interacciones causales como intersecciones de procesos causales que envuelven una transferencia o una instanciación de alguna cantidad conservada. Las teorías de cantidades físicas conservadas de Salmon y Dowe parecen en muchos sentidos filosóficamente prometedoras: el estudio de la causalidad se vuelve una parte de la física y de ciencias relacionadas; la ontología de dichas teorías, basadas en la noción de proceso, se vuelve más

tratable que las ontologías de evento, en las que se basan las teorías no-reductivistas o realistas; y finalmente ellas preservan un aspecto crucial de las relaciones causales, su temporalidad (procesos son cosas extendidas en el tiempo). Sin embargo, nosotros argumentaremos que la valoración filosófica de estas teorías está razonablemente sujeta a dudas, debido a que en lo sustancial ellas no logran desprenderse, contra sus propias presuposiciones humeanas, de la apelación a nociones intensionalmente irreducibles, en particular, a conceptos modales y relaciones contrafácticas.

### 1. Hume, reductivismo y contrafácticos

La influyente concepción escéptica de la causalidad desarrollada por Hume en el *Tratado de la Naturaleza Humana*<sup>1</sup> y en la *Investigación del Entendimiento Humano*<sup>2</sup>, inauguró, entre otras cosas, los programas reductivistas acerca de dicha noción. Hume, como es bien conocido, defiende una reducción de la causalidad a hechos o estados de cosas no-causales (*matters of fact*) por vía de un análisis a priori del concepto de causa. De acuerdo con este análisis, las relaciones causales entre eventos singulares y las mismas leyes causales son lógicamente supervinientes de hechos no-causales particulares actuales<sup>3</sup>. Suponer lo contrario, según Hume, es admitir una conexión necesaria entre objetos para la cual no encontramos ni encontraremos ningún correlato en nuestra experiencia sensible de tales objetos. En otras palabras, ningún conocimiento o impresión sensible de un objeto nos garantiza de suyo una inferencia causal a otro objeto. Este análisis lógico o a priori de la causalidad (sea en su variante de relación causal o de ley causal) nos lleva a concluir entonces, en palabras de Mackie, que la aparente necesidad presente en la inferencia causal “está en la mente no en los objetos” y que “la causalidad en los objetos sólo es sucesión regular”<sup>4</sup>. La doctrina de la sucesión regular o la conjunción constante, como también es bien sabido, corresponde al así llamado “análisis empírico” de Hume de la causalidad. Sin embargo, lo interesante a notar aquí es que la identificación de relaciones y leyes causales con regularidades observadas se verifica igualmente a priori, es decir, es una consecuencia del análisis conceptual de la relación causal, de acuerdo con el cual se establece que no hay ninguna necesidad objetiva o poder oculto (*hidden power*) detrás de la última conectando la causa con el efecto<sup>5</sup>. Finalmente, el análisis empírico de Hume dicta que un objeto causa a otro si y solo si hay contigüidad espaciotemporal entre

<sup>1</sup> Hume 1978 (1739).

<sup>2</sup> Hume 1975 (1748).

<sup>3</sup> A superviene de B si y solo si toda diferencia registrada en A resulta en una diferencia en B. Para más sobre supervinencia en Hume, véase Tooley 1987.

<sup>4</sup> Mackie 1974, pp. 6ss.

<sup>5</sup> Para más detalles sobre una distinción precisa en la concepción de Hume entre análisis empírico y análisis a posteriori, por una parte, y análisis conceptual y análisis a priori, por otra, véase Dowe 2000, pp. 14-21.

ambos, si el primero precede en el tiempo al segundo (lo que implica asimetría causal) y si hay una relación de conjunción constante sosteniéndose entre ambos. En particular, Hume explica esta última condición diciendo que todo objeto similar al primero es seguido por todo objeto similar al segundo<sup>6</sup>. Así, la última condición tiene la importante consecuencia de conectar causalidad con determinismo en un sentido fuerte, pues la presencia de la palabra “todo” en la explicación de Hume sugiere que las causas son condiciones suficientes para sus efectos. Igualmente importante, la explicación sugiere que las condiciones suficientes humeanas ocurren en este mundo real y no en otro mundo (físico) posible. Es decir, que C es una condición suficiente de E si y solo si todo C que ocurre en el universo espaciotemporal de este mundo real es de hecho seguido por E en este mundo. Podemos llamar a ésta la *tesis actualista* de Hume.

Frente a este tipo clásico de reductivismo humeano podemos defender alternativamente un reductivismo a posteriori, es decir, una identificación de la relación causal con algún aspecto o propiedad del mundo externo. En este caso la identificación ocurre como consecuencia de una determinación no-lógica o empírica de aquellos aspectos, propiedades o principios del mundo físico (en un sentido amplio) que satisficieran los aspectos que asociamos normalmente con la relación causal, en particular, las características que derivan del análisis empírico humeano. Deberían notarse tres características atribuibles a este tipo de reductivismo: (a) su fisicalismo, esto es, su aceptación de que lo que califica como aspecto o propiedad del mundo físico es en principio lo que una teoría científica acerca de dicho mundo dice que es un aspecto o propiedad física; (b) su antimodalismo, esto es, su rechazo, en acuerdo con el análisis conceptual de Hume, a la introducción, en la explicación de la causalidad, de cualquier noción que involucre conceptos como “necesidad”, “conexión necesaria”, “conexión verdadera en todos los mundos posibles”, etc. Este antimodalismo intenta desechar entonces cualquier elemento “oculto” que pueda sobrevivir a nuestras explicaciones físicas de la relación causal. Esta característica, que acuerda directamente con la tesis actualista de Hume, hace en principio imposible que los análisis a posteriori puedan apelar a formulaciones o definiciones contrafácticas, pues la explicación de estas últimas usualmente exigirá admitir un trasfondo modal (por ejemplo, en términos de mundos posibles)<sup>7</sup>; (c) su localidad, esto es, las teorías reductivistas fisicalistas conciben la relación causal como una relación intrínseca que depende fundamentalmente de eventos particulares ubicados en el espaciotiempo real y de los aspectos o propiedades que se mantienen conectando dichos eventos en ese espaciotiempo. Por tanto, de acuerdo con estas teorías, las relaciones causales no son determinadas en principio por condiciones, sosteniéndose más allá de aquellas ubicaciones espaciotemporales. Esta característica parece acordar inmediatamente con la

<sup>6</sup> Hume 1978, p.169.

<sup>7</sup> La definición contrafáctica de Hume ofrecida al paso en la *Investigación* es la siguiente: “o en otras palabras, donde, si el primer objeto no hubiese estado, el segundo nunca habría existido” (Hume 1975, p. 76).

tesis de superveniencia del análisis a priori de Hume, si bien es preciso recordar que la superveniencia de los hechos casuales a hechos no-causales locales no solo se extiende, en el caso de Hume, a las relaciones causales sino también a las leyes causales.

Los obvios rivales de estas visiones reductivistas de la causalidad serán entonces los antirreductivismos fuertes o “realismos causales”, los tratamientos modales que apelan a contrafácticos (reductivistas o no) y las concepciones globalistas (contrafácticas o no). Ya que nuestro propósito en este ensayo es examinar solo las teorías reductivistas fisicalistas y sus implicaciones, no necesitamos detenernos a evaluar todos sus rivales. Solo haremos esto con las teorías contrafácticas clásicas, dadas sus obvias conexiones, como quedará claro más adelante, con algunas limitaciones de las teorías reductivistas.

David Lewis ha ofrecido la base clásica para los análisis contrafácticos de la causalidad, usando para ello a su vez una robusta semántica de mundos posibles de los condicionales contrafácticos<sup>8</sup>. Esta semántica permite, según Lewis, resolver un número importante de problemas, entre ellos, la naturaleza de la asimetría causal y el estatus de los efectos conjuntos de una causa común.

En la teoría de Lewis, causalidad es básicamente una cuestión de similaridad entre mundos posibles y “dependencia contrafáctica”. Para él, C causa E solo si se sostiene estas dos condiciones: C y E ocurren y si C no hubiese ocurrido, E no habría ocurrido. En otras palabras, el contrafáctico “si C no hubiese ocurrido, E no habría ocurrido” es verdadero si un mundo posible en donde C y E no ocurren es más similar al mundo real (*actual world*) que cualquier mundo posible donde C no ocurre pero ocurre E. De este modo, dicho contrafáctico expresa una dependencia contrafáctica del efecto E a partir de la causa C. Desde esta perspectiva, parece evidente que el análisis de Lewis es fuertemente modal, pues la dependencia contrafáctica traduce la idea de que las causas son estrictamente necesarias para sus efectos en cualquier mundo posible que cumpla con las condiciones especificadas. De esta manera, las teorías contrafácticas no satisfacen ninguna de las características asociadas con el reductivismo fisicalistas: no tienen ningún compromiso importante con teorías acerca del universo físico (no reclaman ninguna definición de “intrinsicidad física” de la relación causal)<sup>9</sup>, son fuertemente modales y, finalmente, son globalistas, pues sus afirmaciones van más allá de este universo espaciotemporal, sin comprometerse con la tesis de superveniencia humeana.

<sup>8</sup> Lewis 1986.

<sup>9</sup> Pese a no satisfacer estos aspectos, las teorías contrafácticas de tipo-Lewis son, tal vez sorprendentemente, reduccionistas; véase Sosa y Tooley 1993, p. 27.

## 2. Transferencias de cantidades físicas

El programa reductivista humeano influyó tan profundamente la reflexión sobre la causalidad que gran parte de las teorías ofrecidas sobre esta última, desde los días del filósofo escocés hasta entrado el siglo XX, giraron casi exclusivamente en torno a dicho programa, ya sea a favor o en contra. Solo a comienzos de 1970 un programa no-humano alternativo basado en una identificación a posteriori de la relación de causalidad pudo ser formulado por Aronson primero y posteriormente por Fair<sup>10</sup>. Las teorías de Aronson y Fair ven en la idea de la *transferencia* de una cantidad física, desde la causa al efecto, la clave para entender la relación de causalidad. Ya que la cantidad que se transfiere va desde una causa particular a un efecto particular, la causalidad en esta visión es una relación singular o, lo mismo, local.

En la teoría de Aronson la transferencia es explicada mediante la posesión de una cantidad física por parte de un objeto que sufre un cambio (el objeto efecto). De acuerdo con esa explicación, antes de que ocurra el objeto efecto el cuerpo que hace contacto con aquél posee una cantidad (por ejemplo, velocidad, momento cinético, energía cinética, calor, etc.) que es transferida al objeto efecto (cuando se realiza el contacto) y se manifiesta íntegramente en él<sup>11</sup>. La motivación básica para la propuesta de Aronson se encuentra en el análisis de ciertos aspectos gramaticales de la palabra “causa”. “Causa” es esencialmente una “palabra-dimensión” que puede ser asociada con un número de verbos transitivos tales como “empujar” o “golpear”, entre otros. Según Aronson, la característica común a estos verbos es que describen una transferencia (básicamente mecánica) de alguna cantidad desde el sujeto al objeto gramatical.

Esta teoría de transferencia enfrenta muchas dificultades, la mayor de las cuales es la vaguedad acerca de las cantidades envueltas. El listado de Aronson (velocidad, momento cinético, energía cinética, calor, etc.) no permite especificar qué cantidades son efectivamente transferidas (difícilmente velocidad, por ejemplo, podría calificarse como una de esas cantidades). Por otro lado, esta vaguedad parece implicar que cualquier tipo de cantidad de las enunciadas debería ser considerada en el proceso de transferencia. De esta manera, por ejemplo, “negenenergía”, es decir, la energía que se pierde en la interacción, también se transfiere. Pero esto obviamente volvería los efectos causas, y las causas efectos, lo que es inaceptable.

La teoría de transferencia causal formulada por Fair es, en comparación, mucho más detallada que la de Aronson. Por otro lado, a diferencia del programa de Aronson, el programa reductivista de Fair es estrictamente fisicalista: por una parte,

<sup>10</sup> Aronson 1971a y 1971b, y Fair 1979.

<sup>11</sup> Aronson 1971b, p. 422. Esto último significa, según Aronson, que se requiere que exista una identidad completa entre la cantidad física transmitida por la causa y la cantidad recibida por el objeto efecto.

intenta reducir a aspectos o propiedades físicas aquellas relaciones causales que, explícita o implícitamente, involucran, en el uso cotidiano, una referencia al mundo físico; por otra, no implica que el resto de las relaciones que envuelven cotidianamente causas, en particular, relaciones psicológicas o histórico-sociológicas, puedan reducirse a discurso físico (aunque no lo descarta)<sup>12</sup>. Esto implica por tanto que Fair no pretende “dar el significado de ‘causa’, si significado es considerado algo que cualquier hablante competente debe saber” (Fair 1979, p. 231).

La afirmación básica de Fair es que la causalidad es real y exactamente una transferencia de energía y/o momento cinético. Una cuestión crucial aquí es mostrar cómo dicha transferencia ocurre, de manera de poder establecer que la cantidad de energía o de momento cinético que se transmite de la causa al efecto es la misma. Esta exigencia es obvia si aceptamos, como acepta la física clásica, que tales cantidades físicas son cantidades conservadas a través del tiempo, es decir, están sujetas a las leyes generales de conservación. Según Fair, la identificación de la misma cantidad física es lograda especificando sistemas cerrados asociados con los objetos envueltos en el proceso de transferencia. A estos objetos Fair los llama “A-objetos” y “B-objetos”, siendo los primeros objetos que comprimen o ejemplifican eventos, acciones, hechos o propiedades que llamamos causas, y los segundos, objetos que comprimen o ejemplifican eventos, acciones, hechos o propiedades que llamamos efectos. Un sistema de estos objetos es cerrado sobre un intervalo de tiempo si ningún monto grueso de energía y/o momento cinético fluye de afuera hacia adentro, o viceversa, en ese intervalo<sup>13</sup>. De este modo, la transferencia de energía y/o momento cinético ocurre si, dada una superficie espacial entre los A- y los B-objetos hay un flujo de energía yendo del primero al segundo, y si el promedio temporal de cambio de energía y/o momento cinético es positivo en la B-dirección sobre la superficie que separa los A-objetos y los B-objetos. Esta definición indica adicionalmente que la transferencia de las cantidades es estrictamente localista, pues se aplica a objetos que interactúan en una región local del espaciotiempo<sup>14</sup>.

La operatividad de la definición se puede mostrar simplemente por el impacto de una bola de billar sobre otra. La energía transferida será la integral de la fuerza vectorial ejercida por la primera bola sobre la segunda a lo largo del desplazamiento de la segunda en la dirección de la fuerza (la distancia de la interacción); y el momento cinético transferido será la integral de la magnitud de la fuerza sobre el período de interacción. Según Fair, un ejemplo fundamental en teoría física de la fertilidad de esta concepción de transferencia causal se puede encontrar en la hipótesis de Fermi acerca de la existencia de neutrinos. La motivación original de Fermi para proponer dichas partículas era que ellas son las responsables por la energía y momento cinético

<sup>12</sup> Fair 1979, pp. 236-7.

<sup>13</sup> En términos más técnicos, si las derivadas parciales de energía y momento cinético del sistema son cero para cualquier objeto sobre el límite.

<sup>14</sup> Fair *op. cit.*, p. 235.

aparentemente perdidos en la desintegración beta de partículas. El éxito demostrado de dicha hipótesis significa, en opinión de Fair, que cuando los físicos buscan relaciones causales intentan inferir transferencias de cantidades sujetas a las leyes de conservación<sup>15</sup>.

El argumento filosófico central de Fair a favor de la teoría de la transferencia es que ella explica el hecho de que en la mayoría de los casos en que encontramos una relación causal los agentes racionales coinciden en aceptar dicha relación. Este difundido acuerdo puede ser explicable solo si la causalidad corresponde a un aspecto objetivo del mundo, como, de hecho, la transferencia de energía o momento cinético lo es. Solo por esta razón, argumenta Fair, podemos identificar los rasgos empíricos de la causalidad con las características señaladas por el análisis empírico de Hume, por ejemplo, contigüidad y regularidad.

### 3. Dificultades de las teorías de transferencia causal

Claramente, la teoría de Fair se comporta mejor que la de Aronson. La vaguedad de esta última ha desaparecido, pues las cantidades físicas envueltas en la transferencia son formuladas precisamente en la primera: se trata solo de energía y/o momento cinético. Por otro lado, Fair clarifica cómo es que debemos determinar en términos físicos la ocurrencia efectiva de la transferencia: mediante sistemas cerrados que involucran A-objetos y B-objetos. Así vemos también por qué las cantidades transferidas de energía/momento cinético deberían ser las mismas: ellas están sujetas a las leyes de conservación<sup>16</sup>. Sin embargo, las objeciones a la teoría Aronson-Fair son igualmente serias. En primer lugar, dicha teoría olvida un tipo básico de causalidad que no es reducible a una simple transferencia, la causalidad implicada por la persistencia en el tiempo de un objeto. Esto ocurre, por ejemplo, cuando la inercia de un objeto se convierte en la causa de su movimiento continuo. Una nave espacial moviéndose a través del espacio con movimiento rectilíneo uniforme y sin ninguna fuerza externa actuando sobre ella constituye un ejemplo obvio. En este caso es la inercia la que causa el movimiento continuo de la nave y desde luego no hay ninguna transferencia de energía o momento cinético a la que debamos apelar para explicar dicho movimiento<sup>17</sup>. En segundo lugar, algo que queda filosóficamente oscurecido, en particular en la teoría de Aronson, es la dirección de la transferencia causal. Según Aronson, aunque la dirección de la transferencia de una cantidad desde un objeto a otro implica asimetría causal entre ellos, dicha dirección es independiente de la dirección del tiempo.

<sup>15</sup> Fair *op. cit.*, p. 229 y p. 235.

<sup>16</sup> Además, la teoría de Fair no requiere, como lo hace la de Aronson, una "identidad completa" de la cantidad transferida de la causa al efecto. Es decir, tolera disipación de la energía y transferencia parcial de esta última. Véase Fair *op. cit.*, p. 239.

<sup>17</sup> Véase Dowe 2000, p. 52.

Así, asimetría causal es un asunto estrictamente empírico que no presupone algún orden temporal subyacente<sup>18</sup>. Sin embargo, esta característica, que podría ser considerada una virtud, no puede ser garantizada. En otras palabras (¿cómo sabemos que la cantidad de lo que llamamos causa fue transferida en la forma correcta, es decir, del evento previo en el tiempo al evento posterior en el tiempo?). ¿Cómo sabemos que no fue al revés y que, por lo tanto, lo que tomamos como efecto es en realidad la causa? Ya que no podemos considerar al evento previo *en el tiempo* como la causa (pues violaríamos la condición de independencia temporal de la teoría en cuestión), Aronson no podría encontrar una respuesta fácil a esta pregunta. Por otro lado, desde un punto de vista ontológico, la dirección de la transferencia tampoco puede ser explicitada apelando a la física, debido a que ella, y las leyes de conservación en particular, son tempo-simétricas.

Más importante aún para lo que diremos más adelante es la tercera dificultad que enfrenta la teoría Aronson-Fair. Conciérne a la identidad a través del tiempo de las cantidades transferidas. Como vimos, esto parece estar respaldado directamente por el significado de las leyes de conservación mismas. Sin ellas, según estos autores, no podríamos explicar cómo una de estas cantidades, poseída por un objeto en un cierto tiempo, es la misma que fue poseída por otro objeto en un tiempo previo. El problema es entonces esclarecer qué significa “poseer” una de estas cantidades. Y en este punto, como señala Dowe, llegamos a un dilema sin salida, en particular, en lo que respecta a determinar qué significa poseer energía, y, por ende, qué significa identidad de energía entre dos objetos. Ya que “x posee y” es ambiguo entre instanciar una propiedad –como en “él posee don de mando”– o una relación asimétrica entre dos individuos –como en “yo poseo esta casa”–, debemos decidir cuál de estos dos sentidos ajusta más adecuadamente con la expresión “posee energía”. De acuerdo al primer sentido, energía debería ser una propiedad cuantitativa, de acuerdo al segundo, debería ser una sustancia individual. Todo indica que los autores desean tratar energía sustancialmente de modo que “identidad de energía” signifique algo como una *genidentidad* a través del tiempo<sup>19</sup>. Empero genidentidad –aplicable por ejemplo a la identidad de las personas en el tiempo– no es claramente una propiedad en el sentido usual ni una relación entre dos objetos<sup>20</sup>. Por otro lado, ellos sostienen que energía no puede ser una cantidad que no sea poseída por nada<sup>21</sup>. Sin embargo, en palabras de Dowe, “esto los confronta con un dilema. Si [energía] es una sustancia, poseída en el sentido de una relación como adueñamiento [*ownership*], entonces puede existir no poseída. Pero si es una propiedad cuantitativa, poseída en el sentido de

<sup>18</sup> Esto indica que Aronson acepta en principio casualidad invertida en el tiempo (*backwards-in-time-causation*).

<sup>19</sup> Grünbaum define genidentidad como un concepto no relacional: identidad de una sustancia o materia a través del tiempo; véase Grünbaum 1973, p.189.

<sup>20</sup> Dowe *op. cit.*, p. 56.

<sup>21</sup> Aronson 1971a, p.145.



'instanciada', entonces no puede tener identidad a través del tiempo" (Dowe 2000, p. 56).

Este dilema sugiere que talvez el problema con genidentidad de energía/momento cinético se encuentra en una comprensión equivocada de cómo las leyes de conservación se aplican a la transferencia de tales cantidades. De acuerdo con lo que afirman Aronson y Fair, las transferencias deberían ser estrictamente locales (ocurren en una superficie particular del espaciotiempo), lo que implica que la genidentidad en el tiempo de las cantidades físicas envueltas presupone localidad. Sin embargo, al parecer las leyes de conservación no implican tal localidad. Diecks, por ejemplo, sugiere que la energía es conservada en un sentido global pero que la idea de que la *misma* energía es transferida localmente de un objeto a otro es empíricamente inverificable en física clásica<sup>22</sup>. Esto además, como argumenta Hofer, es particularmente claro cuando hablamos de energía gravitacional en física newtoniana. En sus palabras "la energía gravitacional no es localizada, y a diferencia de otras formas de energía en física clásica, no hay ninguna historia física que trate de una *interacción local* que transforma esta pretendida forma de energía en calor y movimiento" (Hofer 2000, p. 3).

Lo único que aparentemente es requerido por las leyes clásicas de conservación es igualdad numérica entre la cantidad dada y la cantidad recibida, pero esta característica es claramente compatible con transferencia global de energía/momento cinético. Por tanto, como concluye acertadamente Dowe, "sin consideración de quién está en lo correcto acerca de [la noción] de identidad en el tiempo de las cantidades físicas, ese tipo de identidad no es implicada por la verdad de las leyes de conservación" (Dowe 2000, p. 59). De este modo, la teoría Aronson-Fair sencillamente fracasa en su intento de clarificar la idea de transferencia utilizando el concepto de genidentidad a través del tiempo, ya que la primera descansa a su vez en el concepto de aplicación local de las leyes de conservación. Las anteriores dificultades sugieren que si deseamos retener aún el concepto de cantidad conservada necesitamos un nuevo marco teórico en donde situarlo.

#### 4. Teorías de proceso causal

##### 4.1 La teoría de Salmon

Las teorías de proceso causal, desarrolladas con fuerza a partir del trabajo de W. Salmon en los 80, proporcionan aquel marco. Los antecedentes históricos directos

<sup>22</sup> Diecks 1986, pp. 86-90. En particular, Diecks sostiene que la física "no provee ningún fundamento para la creencia que una *transferencia* literal de energía y momento cinético ocurre en las interacciones físicas. La posición que dicha transferencia constituye la contraparte física objetiva de lo que en el lenguaje ordinario llamamos ligazón causal no está por lo tanto garantizada" (Ibid., p. 90; la cursiva es de Diecks).

de dichas teorías se encuentran, a su vez, en Russell y Reichenbach. Estas teorías permiten integrar dentro del concepto de causalidad la idea de persistencia en el tiempo, sin enfrentar las dificultades que afligen a las teorías de transferencia causal. Ellas hacen esto mediante la introducción del concepto russelliano de “línea causal”<sup>23</sup>. Una línea causal despliega, según Russell, la persistencia de una cosa en el tiempo, es decir, un tipo de similaridad en el tiempo que exhiben las cosas o materia física que no cambia discontinuamente. Como dice Russell, “a lo largo de una línea causal dada, puede haber constancia de cualidad, constancia de estructura o cambio gradual de ambas, pero no cambio repentino de una magnitud considerable” (Russell 1948, p. 459). Un ejemplo evidente de línea causal es un objeto desplazándose de acuerdo con la Primera Ley del Movimiento de Newton, la que garantiza que, mientras un cuerpo se mueve en línea recta con velocidad uniforme, él seguirá existiendo sin que otras “pequeñas causas” afecten de una manera importante su dirección o su velocidad. Este ejemplo hace claro también que la teoría russelliana resuelve directamente el problema acerca de causalidad como persistencia que aflige a las teorías de transferencia causal y que señalamos antes. Es claro ahora que la inercia actúa como la causa de la nave espacial en la medida en que garantiza la persistencia de esta última y sus propiedades a través del tiempo. Russell llama a todos estos ejemplos “procesos causales más o menos autodeterminados”. En general, entonces, cualquier objeto persistiendo en el tiempo de una manera relativamente continua debería ser considerado un proceso causal, incluyendo las cosas cotidianas y las personas.

Una debilidad obvia de la teoría de Russell, como una teoría de causalidad física, es que, como vemos, no parece hacer espacio a las transferencias de cantidades físicas, es decir, no parece haber espacio para la interacción entre procesos causales. Por otro lado, esta teoría enfrenta una dificultad conceptual seria a nivel de procesos causales también, indicada por primera vez por Salmon. Salmon señala que si bien la teoría de las líneas causales de Russell permite clasificar adecuadamente algunos procesos como procesos causales, falla al discriminar estos últimos de pseudoprocesos<sup>24</sup>. Pseudoprocesos causales fueron por primera vez notados por Reichenbach en 1928, reflexionando sobre las implicaciones filosóficas de la teoría especial de la relatividad de Einstein (TER). En el curso de formular una teoría causal del tiempo, Reichenbach advirtió que teóricamente es posible producir arbitrariamente altas velocidades que desafíen el principio limitador de TER que nada puede viajar a mayor velocidad que la luz. Ejemplos característicos de este fenómeno consisten en un punto de luz que se desplaza a lo largo de una pared circular y que es enviado por un foco de luz rotatorio suficientemente poderoso situado al centro (la pared en esta idealización obviamente debe ser también suficientemente grande y suficientemente distante). Otro ejemplo es el punto móvil de intersección de dos reglas que se cruzan oblicuamente<sup>25</sup>. Según Reichenbach estos procesos no refutan

<sup>23</sup> Russell 1948, pp. 453-460

<sup>24</sup> Salmon 1984, pp. 140-1.

<sup>25</sup> Reichenbach 1958, pp. 147-9.

TER porque no son genuinos procesos causales, los únicos a los cuales puede aplicar el principio limitador de la velocidad de la luz. Pero, por otro lado, esto implica que la aceptación de TER, desde un punto de vista metodológico, supone una distinción entre procesos causales y pseudoprocesos. Y esto es justamente lo que la teoría de las líneas causales de Russell no proporciona: procesos causales y pseudoprocesos exhiben igualmente permanencia o constancia de cualidad y de estructura.

Frente a estas evidentes debilidades, Salmon propuso en 1984 una teoría diferente de procesos causales que asumía solo en parte la teoría russelliana de líneas causales. Así, un proceso causal, en su concepción, sigue siendo cualquier cosa que despliegue persistencia de estructura en el tiempo. Por otro lado, las conexiones causales físicas deben ser explicadas en términos de procesos causales continuos e interacciones entre dichos procesos, lo que justamente falta en la teoría russelliana. Algunos de los supuestos de la teoría de Salmon que nos interesa destacar aquí son los siguientes<sup>26</sup>:

- (a) la causalidad es un aspecto objetivo de nuestro mundo físico;
- (b) una teoría de la causalidad debe ser consistente con la posibilidad del indeterminismo;
- (c) dicha teoría debería evitar, en acuerdo con los lineamientos de Hume, cualquier alusión a “poderes ocultos”.

El nervio de la teoría de Salmon reside en su explicación de cómo se propaga la influencia causal y cómo se produce la estructura de los procesos causales. Dados nuestros intereses argumentativos aquí, nos concentraremos fundamentalmente en la explicación de Salmon de la propagación causal y solo haremos una alusión focalizada a producción. Para lo primero es crucial, según nuestro autor, de acuerdo con su crítica a la teoría de Russell, formular un criterio que distinga entre procesos causales y pseudoprocesos. Con este propósito, y siguiendo a Reichenbach, él defiende el así llamado “principio de transmisión de marca” que de manera sencilla puede ser enunciado así: un proceso es causal si es capaz de transmitir una modificación local de estructura, esto es, una marca<sup>27</sup>. Para la formulación más técnica de dicho criterio, Salmon utiliza la “at-at theory” de Russell de transmisión de marca. De este modo, el principio puede ser enunciado como sigue:

(TM) “Sea P un proceso que, en ausencia de interacciones con otros procesos, permanecería uniforme con respecto a una característica Q, la que se manifestaría consistentemente sobre un intervalo que incluye ambos de los puntos espaciotemporales A y B (A...B). Entonces, una marca (que consiste en una

<sup>26</sup> Véase una caracterización más completa de estos supuestos en Dowe 1992, pp.195s., y también en Dowe 2000, pp. 66s.

<sup>27</sup> Salmon *op. cit.*, p. 147.

modificación de Q a Q') que ha sido introducida en el proceso P por medio de una interacción singular local en  $[at]$  un punto A, es transmitida al punto B si P manifiesta la modificación Q' en  $[at]$  B y en todas las fases del proceso entre A y B sin interacciones adicionales" (Salmon 1984, p. 148).

Así, la influencia causal se propaga mediante la transmisión de marcas. Esto permite descartar inmediatamente el punto de luz moviéndose a lo largo de una pared circular como un proceso causal, puesto que no puede ser marcado por una interacción local. Imagínese que A es el punto de la pared en donde el foco de luz rebota y que disponemos en él un filtro de color verde. A su vez, B es un punto inmediatamente vecino a A situado en la trayectoria del rayo de luz. Evidentemente, la modificación impuesta por la interacción local (el filtro) volverá verde el punto A, pero la primera no se transmitirá a B. Por contraste, si disponemos el filtro en medio de la trayectoria del rayo de luz a la pared, todas las fases intermedias recorridas por el rayo desde la interacción hasta alcanzar la pared transmitirán la marca y por tanto indicarán que el viaje de la señal luminosa es un auténtico proceso causal<sup>28</sup>. Salmon explica adicionalmente cómo ocurre la interacción entre dos procesos (que corresponde en rigor a la dimensión de producción de estructura de los procesos causales) apelando a las leyes de conservación. Son estas leyes las que garantizan que cuando ocurre interacción entre dos procesos, la modificación que esto produce en ambos no puede ser descartada probabilísticamente por la suposición de una causa común gobernando por separado cada proceso. Esto lleva a admitir, como una caracterización probabilística de dicha interacción, las siguientes relaciones:

- (TI) 1.  $P(A \times B) > P(A) \times P(B)$   
 2.  $P(A \times B/C) > P(A/C) \times P(B/C)$

TI especifica entonces lo que Salmon llama un "tenedor causal interactivo"<sup>29</sup>. Así, vemos que tenedores interactivos modifican (y, por tanto, producen) la estructura y el orden de los procesos causales. En términos de marcas, podríamos definirlos entonces más precisamente diciendo que constituyen intersecciones estrictamente locales de dos procesos, donde las marcas que obtienen dichos procesos se transmiten más allá del punto espaciotemporal de la intersección. Finalmente, para asegurar la base indeterminista de los procesos causales, Salmon apela, tal vez inesperadamente, a propensiones y no a relaciones estadísticas. Según Salmon, "[p]rocesos causales transmiten energía, entre otras cosas, pero también transmiten propensiones para varios tipos de interacciones bajo diferentes condiciones especificables" (Salmon 1984, p. 203). En otras palabras, nuestro autor concibe las propensiones no como una interpretación del cálculo de probabilidades, sino como la fuerza de la tendencia (no

<sup>28</sup> Salmon *op. cit.*, p.142.

<sup>29</sup> El origen del concepto de tenedor causal se remonta al Principio de la Causa Común desarrollado en Reichenbach 1956. En la teoría de Salmon, junto con los tenedores interactivos, se consideran tenedores conjuntivos y tenedores perfectos.

determinista) de un proceso causal a producir sus diferentes resultados posibles, es decir, a entrar en interacción en ciertas circunstancias<sup>30</sup>. Ellas son causas probabilísticas, pero no probabilidades, de manera que en la teoría de Salmon causalidad es más fundamental que estas últimas<sup>31</sup>. Por lo demás, la interpretación correcta de dichas probabilidades, a juicio de Salmon, es la frecuentista.

La teoría de Salmon parece sin duda una propuesta más robusta que las evaluadas anteriormente. Es claro que ella logra poner juntas de una manera inicialmente adecuada tanto la idea de identidad a través del tiempo envuelta en causalidad física –sin recurrir a genidentidad–, como la idea de transferencia causal. En el primer caso, lo hace incorporando en la definición de proceso causal la idea russelliana de línea causal. En el segundo caso, lo hace definiendo precisamente el concepto de interacción causal en términos de transmisión de marcas. Estos logros permiten especificar como procesos causales diferentes procesos no contemplados por la teoría de Russell, en particular, en teoría especial de la relatividad y en microfísica<sup>32</sup>. Todo esto sugiere entonces cómo Salmon cree que su teoría satisface el supuesto (a) concerniente a objetividad. Además, la apelación a propensiones indica también en qué sentido Salmon piensa que su teoría es compatible con el indeterminismo, es decir, cómo satisfecería el supuesto (b). Aun así, la concepción de Salmon ofrece ángulos débiles o reconocidamente oscuros. Entre otros, se ha señalado que su teoría de procesos descansa tácitamente en una definición circular del concepto de marca, pues este último presupone el concepto de interacción y, como hemos visto, interacción se define en términos de marca<sup>33</sup>. Otra crítica muy importante apunta a la adecuación de TM. Como han mostrado varios autores, dicho principio es, pese a su precisa formulación, demasiado vago: excluye muchos procesos causales (por ejemplo, procesos que implican efectos de muy corta vida) y falla de excluir muchos pseudoprocesos (por ejemplo, si consideramos que la sombra proyectada por un cuerpo a consecuencia del sol tiene la característica de estar más próxima a otro cuerpo en un cierto tiempo –la mañana por ejemplo– y luego toma la característica de estar más próxima a otro cuerpo en otro tiempo –la tarde por ejemplo–, este proceso contará como causal debido a que envuelve intersección de dos procesos –el movimiento de la sombra y el terreno que representa el punto medio entre los dos cuerpos– y por tanto, aparentemente, transmisión de marca)<sup>34</sup>. En tercer lugar, se han formulado críticas adicionales a la teoría de los tenedores causales salmonianos y, en particular, al argumento

<sup>30</sup> Salmon *op.cit.*, p. 204.

<sup>31</sup> Véase Dowe 1992, p.199. Véase Salmon 1990 para una explicación más completa acerca de por qué la distinción entre proceso causal y tenedores causales de tipo estadístico yace en la introducción de propensiones.

<sup>32</sup> Salmon (1984, pp. 214ss.) sugiere, por ejemplo, que procesos causales incorporando la idea de una causa común (es decir, tenedores conjuntivos) están detrás de la determinación del número de Avogadro (el número de moléculas en un mol) mediante el uso de la hipótesis atómico-molecular.

<sup>33</sup> Kitcher 1985, Mellor 1988, Sober 1987, Dowe 1996.

<sup>34</sup> Véase Sober 1987, p. 254.

de que las interacciones causales pueden ser caracterizadas estadísticamente mediante los tenedores interactivos<sup>35</sup>.

Sin embargo, a nuestro juicio, los mayores problemas se refieren al supuesto (c) del programa de Salmon, esto es, a su intención de eliminar cualquier alusión a poderes ocultos o nociones irreducibles. El primer problema sale a la superficie cuando observamos que la primera parte de TM está formulada en términos contrafácticos: “sea P un proceso que ... *permanecería* uniforme con respecto a una característica Q, la que se *manifestaría* consistentemente sobre un intervalo que incluye ... A y B”. En palabras de Salmon, esta formulación contrafáctica “enuncia explícitamente que el proceso P habría continuado manifestando la característica Q si la específica interacción marcadora no hubiese ocurrido” (Salmon 1984, p. 148). Tales contrafácticos según Salmon parecen envolver aspectos que no están vinculados a “hechos objetivos de la naturaleza”, pues para evaluarlos por verdad o falsedad necesitamos aparentemente aceptar contextual o pragmáticamente que algunos aspectos del universo se mantienen fijos. Tal aceptación o atribución no puede ser adicionalmente justificada y, por consiguiente, no excluye la apelación a algún supuesto irreducible o, en la terminología de Hume, a propiedades ocultas. Sin embargo, Salmon argumenta que los contrafácticos pueden ser asociados con los valores de verdad de experimentos controlados bien diseñados, pues en estos últimos es el experimentador quien determina qué condiciones deben mantenerse fijas y cuáles han de variar, en orden a establecer su verdad o falsedad. Esta respuesta lamentablemente ha sido rechazada por varios autores<sup>36</sup>. El problema fundamental es que ella implica que son los científicos los que determinan qué condiciones permanecen fijas y, por tanto, qué cuenta como objetivo. Pero esto solo puede ser aceptado si se proporciona un argumento que muestre –si ello fuera posible– que las decisiones pragmáticas implican objetividad del mundo físico, lo que Salmon no hace.

El segundo problema con (c) concierne a la concepción de Salmon de las propensiones. Esta concepción parece generar importantes confusiones y tensiones al interior del programa salmoniano. Como señala Humphreys y reconoce Dowe, ella afecta la comprensión de los casos singulares de causalidad probabilística –los casos fundamentales de las teorías localistas– y obliga a Salmon a asumir “modalidades físicas” en su teoría de la propensión. Pues, ya que los casos singulares, bajo una interpretación frecuentista, deben ser interpretados asignando distribuciones de probabilidad, se hace imposible formularlos en términos del mundo actual –el único mundo relevante para programas como el de Salmon– y, por lo tanto, se vuelve teóricamente necesario para ese propósito aceptar una ontología de mundos posibles<sup>37</sup>. Esto ciertamente estaría en desacuerdo con la afirmación humeana de que hechos causales supervienen de estados de cosas actuales y por ende –dado que tampoco

<sup>35</sup> Dowe 1992, Torretti 1987.

<sup>36</sup> Fetzer 1987, Giere 1988, Kitcher 1989 y Dowe 2000.

<sup>37</sup> Véase Humphreys 1986, p. 1214 (citado en Dowe *op. cit.* p. 86).

parece recomendable extender su concepción experimentalista de los contrafácticos al tratamiento de las propensiones— vuelve inconvincente la afirmación de Salmon de que su programa ha logrado deshacerse de cualquier poder oculto, en particular, de contrafácticos y modalidades.

#### 4.2 La teoría de Dowe de las cantidades conservadas

La teoría de Dowe es el desarrollo más reciente en causalidad física y se inscribe fundamentalmente en la línea de las teorías de proceso causal de Russell y Salmon<sup>38</sup>. Sin embargo, como veremos, está también estrechamente emparentada a las teorías de transferencia causal, puesto que asume la idea de que la relación causal se especifica en términos de cantidades físicas como energía y momento cinético, es decir, cantidades conservadas.

En palabras de Dowe, la idea central de su teoría es que “es la posesión de una cantidad conservada, antes que la capacidad para transmitir una marca, lo que hace a un proceso un proceso causal” (Dowe 2000, p. 89). Esta idea puede ser sintetizada en las siguientes dos proposiciones:

- CC1. Un proceso causal es una línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada.
- CC2. Una interacción causal es una intersección de líneas de mundo que envuelve el intercambio de una cantidad conservada.

Como sabemos, una línea de mundo de un objeto es la colección de puntos de un diagrama de Minkowski del espaciotiempo que representa la historia del objeto. Esto implica que procesos en la concepción de Dowe serán representados por regiones elongadas o “gusanos” en el espaciotiempo. Un objeto, según Dowe, es cualquier cosa encontrada en la ontología de la ciencia (tales como partículas, ondas y campos) o en la esfera del sentido común (tales como sillas, edificios, etc.). Esto permite incluir entonces objetos que no entran en procesos causales, tales como puntos o sombras. Dowe define luego un proceso como la trayectoria del objeto a través del tiempo<sup>39</sup>. Esto presupone a su vez que los procesos son extendidos en el tiempo en el sentido preciso que las diferentes rodajas de tiempo de una línea de mundo representan cada una el mismo objeto en diferentes tiempos. De esta manera, concluye Dowe, se requiere que el objeto tenga identidad a través del tiempo. Dowe llama a cualquier

<sup>38</sup> Otro antecedente directo de la teoría de las cantidades conservadas es Skyrms 1980.

<sup>39</sup> Esto no garantiza que los procesos tengan que ser siempre gusanos de tipo temporal [*timelike worms*], esto es, que todo punto o rodaja temporal en su línea de mundo yace siempre en el cono de luz del futuro del punto de inicio del proceso, pues, como señala Dowe, no es imposible que a veces la línea de mundo de un objeto deba ser representada por un gusano de tipo espacial [*spacelike worm*]. Para más detalles véase Dowe 2000, p. 90.

gusano en el espaciotiempo minkowskiano que no es un proceso, “basura espaciotemporal”. Así, una línea de mundo en un diagrama minkowskiano representa “o un proceso o una instancia de basura espaciotemporal, y un proceso es o causal o un pseudoproceso” (Dowe 2000, p. 91). Lo único que requeriremos entonces de un objeto en un proceso causal es que posea el tipo correcto de cantidad conservada. Una cantidad conservada es cualquier cantidad gobernada universalmente por una ley de conservación y, agrega Dowe, “la actual teoría científica es nuestra mejor guía respecto a lo que ellas son” (Dowe *op. cit.*, *ibíd.*). De modo que tenemos buenas razones, basadas en dicha teoría, para considerar que energía, momento cinético y carga son cantidades conservadas.

Finalmente, una intersección de procesos es la superposición en el espaciotiempo de dos o más procesos. La intersección ocurre entonces en una región local del espaciotiempo que tiene la característica que consta de todos los puntos de espaciotiempo que son comunes a ambos procesos o líneas de mundo. De modo que un intercambio entre esos procesos ocurre cuando tanto el proceso entrante [*incoming process*] como el saliente [*outgoing process*] sufren un cambio en el valor de la cantidad conservada<sup>40</sup>. El hecho de que tal intercambio sea respaldado por las leyes de conservación debe convencernos por consiguiente de que es una genuina interacción causal.

A partir de una comparación general de la teoría de Dowe con sus precedentes, se observa nítidamente su superioridad. Por otro lado, es también evidente que resulta más simple y más elegante. En lo que respecta a la teoría Aronson-Fair es patente que la teoría de Dowe no está expuesta a las objeciones que acechan a la primera: no hay problemas con dirección de la causalidad, puesto que ella no implica en sí misma que el objeto que proporciona la cantidad es la causa y que el objeto que la recibe es el efecto. Esto, desde luego, implica que la teoría en cuestión acepta simetría con respecto al tiempo, lo que Dowe considera más bien algo natural a esperar de cualquier teoría correcta de la causalidad. En lo que respecta al problema de la identidad a través del tiempo, Dowe reconoce que hay dos subproblemas diferentes que es necesario distinguir. Uno es el subproblema de la identidad del objeto a través de su línea de mundo que la teoría presupone. Otro es el subproblema de la identidad de las cantidades intercambiadas. Con respecto al primer subproblema, Dowe reconoce que él no está en condiciones de reducir o eliminar el estatus primitivo que tiene el concepto de “identidad a través del tiempo” en su teoría y que eso amenaza su carácter estrictamente humeano, pues introduce algo así como un poder oculto. En lo que respecta al segundo subproblema, Dowe muestra convincentemente que en su teoría simplemente se disuelve. En otras palabras, no hay espacio en ella para genidentidad de las cantidades físicas, puesto que identidad después de una intersección depende

<sup>40</sup> La característica de “saliente” o “entrante” de los procesos se especifica en el diagrama de Minkowski mediante el cono de luz superior y el cono de luz inferior respectivamente, pero son esencialmente intercambiables.



de intercambio de cantidades y ésta a su vez se expresa en términos de la simple noción de cambio en el valor de la cantidad. Esto muestra también que el problema de saber si se ha intercambiado la *misma* cantidad no es una dificultad para las teorías de cantidades conservadas: intercambio de cantidades, como lo define Dowe, no requiere (ni descarta) transferencia local de la misma cantidad a través del tiempo. Por otro lado, ya que la teoría de Dowe está dotada con el concepto de línea de mundo de un objeto que posee cantidades conservadas, entonces ella puede hacer espacio adecuadamente a la idea de persistencia como causa –el ejemplo de la nave espacial. Pues el desplazamiento de la nave causado por la inercia puede ser entendido ahora como un proceso causal que posee momento cinético.

En el caso de la teoría de Salmon la evaluación punto por punto de las debilidades de esta última de nuevo favorece a la teoría de Dowe, aunque, a nuestro juicio, el dictamen es incierto en la cuestión filosóficamente fundamental concerniente a los poderes ocultos, contra lo que el mismo Dowe sostiene. Respecto al cargo de circularidad de la definición de interacción hecho a la teoría de Russell, es obvio que en la teoría de Dowe no se puede formular, pues no hay ningún criterio de transmisión de la marca. En lo que concierne a la inadecuación o vaguedad de TM, tampoco se plantean problemas: más allá del abandono de TM, es claro que en las teorías de cantidades conservadas una sombra aproximándose más o menos a un objeto no contará como un proceso causal –pese a la presencia de una aparente interacción– pues sombras simplemente no poseen energía ni momento cinético. En lo que respecta a la crítica a las formulaciones estadísticas de las interacciones causales, tampoco hay un problema que enfrentar: la teoría de Dowe no está fundada en la teoría de tenedores causales de Salmon.

Al comentar cómo su teoría trata con los problemas acerca de poderes causales que acechan a la teoría de Salmon, es decir, el problema de los contrafácticos y el problema de las propensiones, Dowe señala que simplemente ellos no se pueden plantear en su teoría pues en ella –enunciada básicamente en CC1 y CC2– no se apela ni a unos ni a otras. Reconoce, sin embargo, que aún persistiría el problema de la identidad a través del tiempo indicado más atrás, pero sugiere que éste no tiene implicaciones para cuestiones relacionadas a contrafácticos y propensiones.

Lamentablemente, no es fácil estar de acuerdo con el dictamen de Dowe en este punto. Hay al menos dos razones interrelacionadas para pensar de este modo. En primer lugar, hay un problema con actualidad: ya que la identidad de un proceso causal con la línea de mundo de un objeto que posee una cantidad conservada debe tener carácter contingente, pues de otro modo se convertiría en metafísicamente necesaria, la verdad de la teoría depende de que las leyes de conservación se sostengan en nuestro mundo actual. Sin embargo, si, en acuerdo con dichas leyes, queremos, como quisiéramos, sostener que las cantidades son universalmente conservadas, es decir, que se sostienen para todo mundo físicamente posible, entonces deberíamos asumir que tenemos una forma de establecer cuándo la compatibilidad entre el mundo actual y otros mundos físicamente posibles deja de sostenerse y, por ende, cuándo la identidad anterior también deja de sostenerse. Sin embargo, dados sus presupuestos estrictamente empiristas, Dowe afirma explícitamente que esta cuestión debe considerarse abierta,

pero que no afecta la viabilidad de su hipótesis. Lamentablemente, esto vacía de contenido la idea de que procesos causales en nuestro mundo son procesos que se sostienen en todos los mundos físicamente posibles y, por tanto, vuelve oscuro el sentido en que Dowe piensa que debemos decir (en nuestro mundo) que una cantidad es universalmente conservada<sup>41</sup>. Todo esto muestra por consiguiente que apelación a leyes para explicar relaciones causales locales es también oscura en la teoría de Dowe. La segunda razón para dudar de dicha teoría vincula actualidad con localidad, y es endémica para todas las visiones defendiendo cantidades conservadas. En palabras de Dowe, “si algo es un proceso causal depende solamente de hechos locales acerca del proceso, a saber, la posesión por parte del objeto de una cierta cantidad física. No depende de qué sucede en otro lugar del universo, de modo que en este sentido ser causal es una propiedad intrínseca de un proceso... Este es un asunto particular, local” (Dowe *op.cit.*, p. 96).

Sin embargo, como sostiene A. Rueger, un examen de las leyes de conservación en teoría de la relatividad indica que esta última afirmación debe fallar en algunos espaciotiempos relativistas generales. Esto es una consecuencia de que en teoría general de la relatividad, las leyes de conservación globales a veces no se sostienen. En particular, en contextos relativistas generales la ley de conservación de la energía, en su formulación diferencial, es

$$\nabla^a T_{ab}=0$$

para la derivada covariante  $\nabla^a$ , dadas las ecuaciones de campo de Einstein. Pero a menos que el espaciotiempo se asocie con un grupo de simetrías particular, la ecuación diferencial del caso no será integrable. Y es la formulación integral la que proporciona la forma local de la ley de conservación. Esto indudablemente hace dependiente la aplicación de dicha ley de las propiedades generales del espaciotiempo. Así, en los mundos relativistas especiales, la localidad de los procesos causales está garantizada; en los mundos relativistas generales, esto por lo general no ocurrirá. Por tanto, concluye Rueger, o no existen procesos causales genuinos o causalidad no es universalmente intrínseca a un proceso en el espaciotiempo. La respuesta de Dowe a esta objeción es retroceder de nuevo a actualidad. En el mundo actual, las leyes de conservación se sostienen y Rueger evidentemente no ha mostrado lo contrario. La estructura del espaciotiempo actual tiene, según Dowe, las simetrías correctas y esto garantiza que “las leyes de conservación globales se sostienen en nuestro universo

<sup>41</sup> Dowe sugiere que aunque su teoría no puede decir qué pasa con procesos causales en mundos donde se sostienen otras cantidades conservadas que las que se sostienen en nuestro mundo actual, ella podría decir lo que pasa en uno en que se sostendría, por ejemplo, una misma cantidad para un único objeto de dicho mundo. Y él agrega que su concepción por tanto no es una concepción de regularidad actual de tipo humeana (Dowe *op. cit.* p. 96). Sin embargo, no se ve en qué sentido el último mundo físico deba ser *esencialmente* diferente de (aunque compatible con) el mundo en que vivimos, el mundo actual. De modo que aunque su teoría no sea de regularidad humeana, su dependencia de la actualidad de nuestro mundo sigue siendo clara.

hasta donde sabemos” (Dowe *op. cit.*, p. 97). Esta respuesta permite saber también hasta dónde Dowe está dispuesto a llegar con su preferencia por el mundo actual. Los espaciotiempos no simétricos relativistas generales, según él, no pueden pertenecer a un mundo físicamente posible. En sus palabras, decir que son posibles “significa simplemente que hay una solución a las ecuaciones de la Teoría General de la Relatividad. Pero esto no significa que dicho mundo es un mundo físicamente posible en el sentido dado aquí. Si tal mundo viola otras leyes que se sostienen en nuestro mundo actual, entonces aquel mundo no es físicamente posible” (Dowe *op.cit.*, *ibíd.*). Esta respuesta que, nos imaginamos, resultará inverosímil a muchos físicos y filósofos de la ciencia, implica obviamente una fuerte tesis de carácter modal: la imposibilidad de que existan algunos mundos perfectamente descritos por la exitosa teoría física que Dowe prometía respetar escrupulosamente al comenzar a elaborar su teoría. Y esto, desde luego, indica que un elemento irreducible oculto sigue permaneciendo al centro de su programa causal<sup>42</sup>.

## 5. Conclusiones

Como hemos visto, las teorías contemporáneas de causalidad física representan un esfuerzo interesante por llevar a cabo el programa reductivista humeano en la variante a posteriori. En particular, las teorías de Salmon y Dowe son elegantes intentos por refinar las ideas originales de Russell, Reichenbach, Aronson y Fair. Sin embargo, una detallada evaluación de sus implicaciones indica, como esperamos haber mostrado, que ellas no logran hacer entera justicia al mencionado programa, pues persisten en su interior “poderes ocultos”, en la forma de apelación a contrafácticos, mundos posibles o nociones intensionales. Esto tiende a sugerir, en nuestra opinión, que el desarrollo de programas rivales o alternativos al reductivismo fisicalista, como aquellos indicados en la sección 1 (realismos causales, teorías contrafácticas, globalismos o combinaciones de ellos) sigue siendo una opción abierta. En particular, variantes de la teoría contrafáctica de Lewis, expuesta en la sección 1, que capturen simultáneamente aspectos globalistas y fisicalistas de la causalidad parecen, dados nuestros resultados en este ensayo, ofrecer los prospectos más interesantes<sup>43</sup>.

<sup>42</sup> En el reciente trabajo de Hofer, citado más arriba, se hace una afirmación más categórica aún que, si correcta, nos llevaría a concluir que, desde el punto de vista de Dowe, en los mundos relativistas generalizados simplemente la causalidad no es algo concebible. Hofer afirma que “[n]o hay ningún genuino principio de conservación de energía-momento cinético en Teoría General de la Relatividad ... Lo que típicamente oculta esta conclusión de la vista en [los manuales de física] es el deseo universal, casi desesperado, de *aparentar* que tal principio existe en el corazón de la teoría” (Hofer 2000, pp. 11s.).

<sup>43</sup> Ejemplos de estas teorías en desarrollo se pueden encontrar en Menzies 1996 y Ramachandran 1997.

## Referencias bibliográficas

- Aronson, J. (1971a), "The Legacy of Hume's Analysis of Causation", *Studies in History and Philosophy of Science*. **2**: 135-156.
- Aronson, J. (1971b), "On the Grammar of 'Cause'", *Synthese*. **22**: 414-430.
- Dowe, P. (1992), "Wesley Salmon's Process Theory of Causality and the Conserved Quantity Theory", *Philosophy of Science*. **59**: 195-216.
- Dowe, P. (1996), "Causal Processes". *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/causation-process/>
- Dowe, P. (2000), *Physical Causation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Diecks, D. (1986), "Physics and the Direction of Causation", *Erkenntnis*. **25**: 85-110.
- Fair, D. (1979), "Causation and the Flow of Energy", *Erkenntnis*. **14**: 219-250.
- Fetzer, J. (1987), "Critical Notice: Wesley Salmon's Scientific Explanation and the Causal Structure of the World", *Philosophy of Science*. **54**: 597-610.
- Giere, R. (1988), "Book Review: Salmon. *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*", *Australasian Journal of Philosophy*. **63**: 546-585.
- Grünbaum, A. (1973), *Philosophical Problems of Space and Time*. 2nd ed. Dordrecht: Reidel.
- Hoefler, C. (2000), "Energy Conservation in GTR", *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, vol. 31B, 2:187-199; la versión referida en notas corresponde al manuscrito electrónico enviado por el autor.
- Hume, D. (1975), *An Enquiry Concerning Human Understanding*. Ed. Selby-Bigge, L.A. y Nidditch, P.H., 3rd. ed. Oxford: Clarendon Press.
- Hume, D. (1978), *A Treatise of Human Nature*. Ed. Selby-Bigge, L.A. y Nidditch, P.H., 2nd ed. Oxford: Clarendon Press.
- Humphreys, P. (1981), "Aleatory Explanations", *Synthese*. **48**: 225-232.
- Humphreys, P. (1986), "Book Review. Salmon, Scientific Explanation and the Causal Structure of the World", *Foundations of Physics*. **16**: 1211-1216.
- Kitcher, P. (1985), "Two Approaches to Explanation", *The Journal of Philosophy*. **82**: 632-639.
- Kitcher, P. (1989), "Explanatory Unification and the Causal Structure of the World", Kitcher, P. y Salmon, W., eds., *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. xiii. Minneapolis: University of Minnesota Press, 410-505.
- Lewis, D. (1986), *Philosophical Papers*. Volume II. New York: Oxford University Press.
- Mackie, J.L. (1974), *The Cement of the Universe*. Oxford: Clarendon.
- Mellor, D. (1988), "On Raising the Chances of Effects". Fetzer, J., ed., *Probability and Causality: Essays in Honour of Wesley Salmon*. Dordrecht: Reidel, 229-239.
- Menzies, P. (1996), "Probabilistic Causation and the Pre-emption Problem", *Mind*. **105**: 85-117.

- Ramachandran, M. (1997), "A Counterfactual Analysis of Causation", *Mind*. **106**: 264-277.
- Reichenbach, H. (1956), *The Direction of Time*. Berkeley: University of California Press; hay traducción española: (1959). *El Sentido del Tiempo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Reichenbach, H. (1958), *The Philosophy of Space and Time*. New York: Dover.
- Russell, B. (1948), *Human Knowledge*. New York: Simon and Schuster; hay traducción española: (2001), *El Conocimiento Humano*. Barcelona: Ediciones Folio.
- Salmon, W. (1984), *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*. Princeton: Princeton University Press.
- Salmon, W. (1990), "Causal Propensities: Statistical Causality vs. Aleatory Causality", Salmon, W., ed. (1998). *Causality and Explanation*. New York: Oxford University Press, 200-207.
- Salmon, W. (1994), "Causality without Counterfactuals", Salmon, W., ed. (1998), *Causality and Explanation*. New York: Oxford University Press, 248-260.
- Skyrms, B. (1980), *Causal Necessity*. New Haven: Yale University Press.
- Sober, E. (1987), "Explanation and Causation", *British Journal for the Philosophy of Science*. **38**: 248-257.
- Sosa, E. y Tooley, M., eds. (1993), *Causation*. Oxford: Oxford University Press.
- Tooley, M. (1987), *Causation: A Realist Approach*. Oxford: Clarendon Press.
- Torretti, R. (1987), "Do Conjunctive Forks Always Point to a Common Cause?", *British Journal for the Philosophy of Science*. **38**: 384-387.

### Resumen / Abstract

El presente artículo discute tres teorías recientes de causalidad física, las cuales, aunque buscan hacer espacio a análisis a posteriori de la relación causal, son teóricamente compatibles con el análisis reductivista de Hume, que, como es sabido, es un análisis a priori de dicha relación. Tales teorías son la teoría de transferencia causal, la teoría de procesos causales y la teoría de cantidad conservada. Después de evaluar en detalle sus principales virtudes y defectos, arribamos a la conclusión de que ellas no son capaces de satisfacer una exigencia crucial en el programa reductivista de Hume, esto es, el rechazo de cualquier apelación –sea en la forma de contrafácticos o nociones relacionadas– a poderes causales ocultos que expliquen la producción del efecto.

*This paper discusses three recent theories of physical causation, which, although implementing a posteriori analyses of the causal relation, are compatible with Hume's reductivist analysis: the theory of causal transference, the theory of causal process and the theory of conserved quantity. After examining their main virtues and disadvantages, we conclude that all these theories fail to honour one of the basic Humean strictures: the refusal to consider any hidden power of cause to produce effect, whether in the way of counterfactuals, modalities or intensional notions.*