

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN



**La noción de tiempo en la ciencia actual y su relación con la causación.
Aspectos metafísicos, epistemológicos y antropomórficos.**

Doctorando: Magister Rolando Núñez Pradenas

Director: Dr. Hernán Miguel

Co-directora: Dra. Cristina Di Gregori

Para mi hija, Elena.

AGRADECIMIENTOS

El proceso por el cual se llevó a cabo esta tesis ha sido realmente muy arduo, y ha tenido costos para mí más altos de los que en principio pensé que me tendría. Sin embargo, estoy muy contento de haber llegado a esta instancia, y es por esto que hay varias personas a las que debo agradecerles por haber podido llegar hasta aquí. Quisiera primero agradecerle a quién es probablemente uno de los responsables de que yo haya tomado este camino desde un inicio, a mi profesor del Magister y gran amigo, Wilfredo Quezada por su enorme apoyo siempre. Él confió en mí en mis años en la licenciatura ofreciéndome la posibilidad de ser su ayudante y desde entonces siempre ha estado al tanto de mis avances, manteniéndose atento a cualquier solicitud de apoyo que pudiera yo necesitar. También tengo que agradecerles a mis amigos del departamento de Filosofía de la Universidad de Concepción, en especial a Javier Vidal, Claudia Muñoz y Julio Torres por haber confiado en mí mientras me mantenía trabajando en la tesis. Hace ya varios años que me han dado un lugar en esta casa de estudio y siempre han estado a mi lado dándome su apoyo, el que fue vital para poder terminar todo este proceso.

Debo agradecer también a la gente que me acompañó y dio soporte mientras estuve trabajando en Ciudad de Buenos Aires, a todo el grupo de Causación, Explicación y Contrafácticos, a Jorge Paruelo, Ana María Talak, Pablo Vicari y a Guillermo Pisinni por todas esas tardes de reflexión filosófica que aportaron enormemente en el desarrollo de este trabajo. Guardo muy buenos recuerdos del trabajo que en conjunto realizamos, y sus comentarios, sugerencias y diferentes visiones fueron un enorme contribución a los temas desarrollados en esta tesis.

Finalmente, quisiera agradecerle a quién es tal vez el principal responsable de que yo esté en estos momentos presentando este trabajo, mi tutor y muy querido amigo Hernán Miguel. Ha sido gracias a él que llegué hasta aquí, pues él me ha brindado su apoyo, su amistad y sus invaluable aportes filosóficos que han hecho posible que me encuentre donde ahora estoy. Hernán ha sido un maravilloso profesor guía, he aprendido mucho de sus enseñanzas sobre el trabajo filosófico, pero también ha sido un soporte durante estos años, en particular en los momentos más difíciles que tuve mientras iniciaba mi trabajo de tesis.

INDICE

	Página
Hoja de ruta para la lectura	1
1. Introducción	5
• Antecedentes filosóficos	7
• Líneas filosóficas contemporáneas del problema.....	11
2. Asimetría temporal	16
• El fluir del tiempo	17
• Las flechas del tiempo	20
• La paradoja de Loschmidt	24
• La flecha de la causación	28
3. Metáforas cognitivas	32
• Cognición corporeizada	32
• El inconsciente cognitivo	35
• Cerebro y mente	36
• Conceptos espacio-relacionales y esquemas de imagen	39
• Las metáforas conceptuales	43
4. Tiempo corporeizado	49
• Nuestra experiencia del tiempo	49
• Metaforización del tiempo	53
• La plasticidad del concepto tiempo	58
• La metafísica del tiempo	61

5. Tiempo y cambio y el problema de congelar relojes	63
• Los mundos congelados de Shoemaker	66
• Mundos congelados: Ejemplo extendido	69
• Un ejemplo de nuestro universo	72
6. Tiempo y Matemáticas corporeizadas	75
• Aritmética corporeizada y el tiempo	76
• El tiempo como una colección de objetos	80
• El tiempo como construcción de objetos	84
• El tiempo como vara de medir	85
• El tiempo es movimiento a través de un camino	87
• Consecuencias e implicaciones de la matemática corporeizada	90
7. Causación corporeizada	94
• Tipos de causación	95
• Esqueleto literal de los conceptos evento-estructurados	98
• Metáforas para la causación	101
8. Problemas de la causación en mecánica cuántica	105
• Causación y mecánica cuántica	106
• Retrocausación	110
• ¿Retrocausación corporeizada?	113
9. Cambiando el pasado: Midiendo de la retrocausación	117
• Experiencias en el mundo cuántico	118
• Análogo macroscópico: El caso de los gemelos	121
• Testeando la retrocausación	124
• Midiendo sin intervenir	126

10. Cadenas causales cerradas y viajes en el tiempo	134
• Cadenas causales cerradas en la física actual	135
• Paradojas temporales: El argumento del engaño	141
• Posibles respuestas al argumento del engaño	143
• Una defensa del principio de autoconsistencia de Novikov	146
11. Conclusiones	154
12. Bibliografía	167

Hoja de ruta para la lectura

En el capítulo 1, introductorio, plantearemos la relevancia del problema del tiempo en la discusión filosófica tradicional, y la manera en la que ésta repercute en el modo en el que concebimos las leyes, la explicación y la predicción en las ciencias. Analizaremos algunos antecedentes filosóficos relevantes para la discusión del problema del tiempo, así como también presentar las principales disputas filosóficas que tendrán relevancia en los temas tratados a lo largo de este trabajo. Para esto, primero haremos una revisión de los primeros antecedentes en la historia de la filosofía hasta acercarnos a la discusión filosófica en donde la física, entendida como la ciencia que conocemos hoy en día, comienza a ganar terreno en la discusión sobre el tiempo.

A continuación, en el capítulo 2, nos concentraremos en dos de los principales aspectos del tiempo: el fluir y la dirección. Específicamente, presentaremos algunas de las posturas filosóficas que se desprenden de la discusión sobre el problema del fluir del tiempo, las que, tal y como notaremos, son principalmente de índole metafísica, pero que sin embargo tienen implicaciones sobre la manera en la que la ciencia concibe el tiempo. A continuación, nos enfocaremos en el segundo aspecto, la dirección temporal o la asimetría del tiempo, en donde plantearemos las dificultades que existen para poder darle sustento físico a dicha asimetría, para lo que analizaremos algunas de las asimetrías propuestas en física como posibles candidatas a sostener la flecha del tiempo.

En el capítulo 3 cambiaremos un poco el foco de la discusión para centrarnos en presentar la propuesta de cognición corporeizada a partir del trabajo de autores como George Lakoff, Mark Johnson y Rafael Núñez. La idea principal de este capítulo será preparar lo que trabajaremos en el capítulo 4, en donde propondremos un concepto de tiempo corporeizado que nos permitiría poder capturar algunas de las características del tiempo propuestas en el capítulo 2 que vaya de la mano con el desarrollo de las ciencias. Para esto se presentarán en el capítulo 3 las ideas de inconsciente cognitivo y de metáfora

cognitiva, las que luego serán aplicadas al concepto de tiempo en el capítulo 4.

Intentaremos mostrar en el capítulo 4 que los conceptos asociados a la temática de la temporalidad en física clásica, contienen componentes antropomórficos que son inherentes a su significado, cuestión que será trabajada como una suerte de columna vertebral de esta tesis. Ya finalizando el capítulo, propondremos también cómo es que estos componentes asociados imponen ciertos límites a un realismo científico acerca del tiempo, haciendo hincapié en la plasticidad del concepto de tiempo, basándonos en las maneras de metaforizar este último. Presentaremos algunos ejemplos de dicha plasticidad provenientes tanto de la historia como de la ciencia.

En el capítulo 5 enfrentaremos una de las posibles críticas que se le pueda hacer a la idea de tiempo corporeizado propuesta indirectamente por Sydney Shoemaker frente a la posibilidad de existencia de tiempo sin cambio, y por lo tanto, frente a la posibilidad de existencia independiente de la experiencia humana. Si bien ésta es una discusión que se sostiene desde la metafísica del tiempo, intentaremos mostrar que las conclusiones que se desprenden del trabajo de Shoemaker no son aplicables a nuestro concepto de tiempo en ciencias, y que por lo tanto, no podrán afectar la propuesta de tiempo corporeizado.

A continuación, en el capítulo 6, continuaremos con nuestro análisis del concepto de tiempo en la misma línea argumentativa que llevamos en el capítulo 4, pero tomando en consideración uno de los elementos que consideramos son constitutivos de nuestro concepto de tiempo en las ciencias: La aritmética. Propondremos que gran parte de lo que entendemos por tiempo efectivamente está imbuido de algunas concepciones básicas que tenemos acerca de la naturaleza de los números, en particular de secuencias numéricas básicas; y que gran parte de la manera en la que nos referimos al tiempo viene dada por la manera en la que generamos la aritmética básica. Para esto último, seguiremos el desarrollo de la aritmética corporeizada elaborado por Lakoff y Núñez e intentaremos mostrar cómo es que algunas de las características atribuidas al tiempo tendrían su base en las características atribuidas a la aritmética.

Luego nos centraremos en el tópico de la causación, el que, tal y como veremos a lo largo de esta tesis, está estrechamente ligado a la problemática sobre el tiempo. Con esto en mente, le daremos al concepto de causación un tratamiento similar al que se aplicará al concepto de tiempo en el capítulo

4, de manera de poder obtener un concepto de causación corporeizado. Para este fin, presentaremos un análisis del concepto de causación, desarrollaremos las posibles metáforas cognitivas que puedan estar involucradas y plantearemos algunas posibles extensiones al concepto de causación, dentro de las que podemos destacar la posibilidad de invertir el orden temporal entre la causa y el efecto, es decir, que el efecto se presente antes que la causa. Esto es, la posibilidad conceptual de la retrocausación.

Una vez trabajada la posibilidad de encontrar las bases cognitivas corporeizadas de la causación y a sus extensiones metafóricas, analizaremos algunos problemas referentes a la causación dentro del contexto de la mecánica cuántica. Esta área de la física se ha mostrado durante los años como una de las más exitosas dentro de nuestras teorías científicas, pero aun hasta el día de hoy nos vemos desconcertados con respecto a ciertos resultados que de ella se desprenden. Tomando en cuenta algunos de estos resultados, es que nos concentraremos en analizar algunas cuestiones básicas de la mecánica cuántica para poder aplicar lo analizado en el capítulo 7 en esa área, de modo de poder enfrentar bajo un nuevo enfoque algunos de los problemas que encontramos en cuántica en lo que a causación se refiere.

Para poder trabajar en esto último es que trataremos de explicar algunos procesos no-locales de la cuántica a partir de un esquema retrocausal. Esto nos llevará a cuestionar algunas de las interpretaciones de la mecánica cuántica y nos enfrentará a intentar definir a de algún modo si es posible o no medir algún tipo de interacción retrocausal. Para esto es que presentaremos en el capítulo 9 la reformulación de un experimento mental que nos permitiría poder realizar esto. En esta parte del trabajo recalcaremos la importancia de la experiencia como una manera de constituir los distintos conceptos de cada campo de estudio, especialmente para nuestro caso los conceptos *tiempo* y *causación*.

Finalmente, en el capítulo 10, enfrentaremos el principal argumento en contra de la posibilidad de existencia de procesos retrocausales y en contra de la posibilidad de viajes en el tiempo, el argumento del engaño. Veremos también cómo es que el estado actual de la física en principio permite la existencia de cadenas causales cerradas, para poder mostrar que la cuestión no es simplemente una problemática referente a cuestiones de ciencia ficción, sino que efectivamente es una posibilidad cierta dentro de la física actual. Trabajaremos sobre cómo es que el argumento del engaño no logra afectar realmente la posibilidad real de existencia de cadenas causales cerradas, pero a su vez plantearemos la

posibilidad de que nuestras consideraciones sobre el tiempo, especialmente aquellas que permiten la existencia de viajes hacia el pasado o retrocausación, podrían ser el resultado de considerar demasiado literalmente algunos conceptos que tienen una raíz principalmente metafórica. Esto nos permitirá dar paso a las consideraciones finales de la tesis en el capítulo 11, en donde compilaremos las conclusiones obtenidas a lo largo de todo el trabajo.

1. Introducción

El problema del tiempo siempre ha estado presente en la discusión filosófica. No sólo los eventos del mundo externo ocurren en el tiempo, sino que también nuestras experiencias internas se dan en él. Desde nuestros comienzos vivimos el paso del tiempo y comenzamos a percibir algunas de sus características: el tiempo transcurre en una dirección y no en otra, y aquello que ya pasó parece quedar “cristalizado”, inamovible, no pasible de cambio nunca más, salvo en lo que respecta al modo de ser evocado. Este pasado ya no es, fue. Vivimos en el presente en miras al futuro que nos parece, en primera instancia, indeterminado, pero que con el correr del tiempo se determina y se desvanece como tal. El presente parece ser lo único real, pero éste se nos escapa y se torna pasado, dejando paso a un nuevo presente, el que se nos volverá a escapar y así sucesivamente.

Si ni pasado, ni presente, ni futuro realmente son ¿qué es el tiempo? La pregunta parece inabarcable, y es probable que esto sea especialmente aplicable para un trabajo de tesis. Por esto es que acotaremos la discusión específicamente al problema del tiempo en las ciencias. Nos enmarcaremos en una corriente de filosofía naturalizada, en donde la ciencia está involucrada directamente en las discusiones de los diferentes fenómenos asociados a la noción temporal.

La noción de tiempo juega un papel de parámetro en las leyes de evolución de los sistemas físicos, y en relación con los procesos reversibles, tales leyes describen fenómenos naturales tanto tomando este parámetro con signo positivo como con signo negativo. En cambio, los fenómenos que identificamos como irreversibles son aquellos para los cuales las leyes de evolución del sistema no describen fenómenos naturales al cambiar la flecha temporal. En este sentido las descripciones provistas por las teorías cuentan entre sus aspectos relevantes la dirección de la temporalidad. Es así que la temática relacionada con las leyes naturales para procesos indeterministas tiene especial interés en la determinación de tal dirección y toda discusión sobre ella afectará la conceptualización de tales

leyes. Algo similar ocurre con la relación de causación asociada en muchos contextos con las leyes que ligan un estado inicial con un estado final. No deja de ser interesante constatar que el problema del tiempo ha encontrado grandes propuestas en la física misma pero en gran medida por el desarrollo que desde la física moderna ha habido en el estudio de la causación¹.

El problema de la causación está directamente ligado al problema de la temporalidad desde sus orígenes. Recordemos que para el mismo David Hume algo que define la relación causal es su asimetría temporal, pero esto actualmente ha sido puesto en tela de juicio por pensadores como Phil Dowe, entre otros.

Otro aspecto en el que la temporalidad tiene impacto es en la evaluación de condicionales contrafácticos. Tal evaluación presupone, en uno de sus análisis,² un ordenamiento de mundos posibles cuyos pasados coinciden con el del mundo efectivo y a partir de cierto instante divergen por alguna diferencia que luego da lugar a la ocurrencia o no ocurrencia del consecuente. En esta metodología el ordenamiento temporal es clave para la evaluación y, por otra parte, tales condicionales están ligados a las afirmaciones sobre la causalidad.

Por otra parte y en relación con la noción de ley natural, si el pasado determina el futuro como se suele sostener en virtud de la existencia de leyes y de una relación de causa-efecto inescapable en la naturaleza, entonces la discusión de la temporalidad hará impacto en la propia noción de determinismo y con ello en las de predicción y explicación.

En cuanto al problema del cambio de propiedades cabe señalar que como todo cambio involucra una noción de temporalidad. A pesar de que el cambio se tome como indicio de la temporalidad, son pertinentes las discusiones sobre la aparición, evolución y desaparición de propiedades de los objetos en términos de cambio en el valor determinado de un mismo determinable.³ Esta discusión abarca asimismo objetos por omisión y a otros objetos inexistentes,⁴ entre otras discusiones metafísicas influenciadas por el estado del arte, como por ejemplo, las distintas interpretaciones de la mecánica cuántica, como la interpretación modal o la interpretación transaccional⁵, o por ejemplo las

¹ Reichenbach (1999), pág. 3.

² En el análisis de accesibilidad a tiempo t propuesto por Lewis (1973).

³ Siguiendo el análisis de Armstrong (1988 y 1997).

⁴ Véase Casati y Varzi (1994) y también Miguel (2006).

⁵ Esto es desarrollado con mayor profundidad en el capítulo 8 de esta tesis.

especulaciones sobre los universos paralelos, en consonancia con el realismo modal de Lewis⁶. En este mismo sentido las nociones de existencia y persistencia requieren una evaluación temporal.

Es común considerar que el tiempo posee una dirección específica. En la vida cotidiana notamos que el tiempo avanza y no retrocede, es decir, el pasado parece estar atrás, fijo e inmutable, mientras que el futuro se encuentra adelante y no está necesariamente determinado. Sin embargo, se puede considerar que en la física, la flecha temporal permitiría en principio que los procesos fuesen reversibles. Básicamente para la mayor parte de las leyes de la física (con excepciones como en la segunda ley de la termodinámica o en cuestiones de cosmología) no existiría distinción entre un proceso desarrollándose hacia el futuro o hacia el pasado. La discusión actual involucra los diferentes indicadores que podrían utilizarse para establecer la asimetría temporal en los procesos irreversibles, como por ejemplo, la flecha termodinámica, la flecha cosmológica y otras.

Antecedentes Filosóficos

El problema de la noción del tiempo es uno de los problemas más emblemáticos de la filosofía, ya que ha estado presente en las discusiones desde la antigüedad. Aunque no pretendemos hacer una descripción histórica de la evolución completa de los conceptos relacionados con la problemática temporal, debemos hacer alusión a algunos de los pensadores que sentaron las bases de la discusión en sus inicios adquiere una perspectiva sobre la importancia de este problema.

Es posible considerar que el primer acercamiento al problema del tiempo pueda verse reflejado en las diferencias entre el pensamiento de Heráclito de Efeso y Parménides de Elea. Si bien en el pensamiento presocrático el problema del tiempo no está explicitado de la manera actual, podemos extender el pensamiento de Heráclito al punto de considerar que si el cosmos es un cambio constante (o mejor dicho, su *Arjé* es el cambio), el tiempo, como parte de éste, está ligado al devenir de los acontecimientos^{7 8}. Por su parte, Parménides, quién niega la realidad del devenir postulando al Ser como aquello inmutable e inamovible, no va a concebir el tiempo como algo ligado al Ser, pues no lo

⁶ Lewis (1969).

⁷ Copleston (2011), capítulo V.

⁸ Kirk, Raven y Shofield (2008), capítulo VII.

separará del cambio en el mundo físico, por lo que en última instancia negará la existencia del tiempo⁹
¹⁰. Incluso vale la pena destacar las famosas paradojas de Zenón de Elea, discípulo de Parménides, quien en un intento de demostrar lo absurdo del movimiento, presenta una de sus aporías¹¹ en contra del fluir del tiempo (lo hace apelando básicamente al tiempo no como un continuo sino como siendo discreto)^{12 13}. En esta disputa filosófica entre la postura de Heráclito y Parménides vemos cómo tempranamente el problema del tiempo está ligado al problema del cambio.

Sin embargo, la discusión específica sobre el tiempo se encuentra reflejada en las posturas de Platón y Aristóteles, en donde cada uno de ellos va a dar inicio a las dos posturas predominantes en la filosofía sobre el tiempo. Platón extiende el pensamiento de Parménides de modo que tal que considera que el tiempo es la representación sensible de la eternidad. Por lo tanto, la eternidad es el tiempo en su grado máximo, perfecto, independiente de los cambios del mundo sensible, y los distintos instantes son sólo instanciaciones de la eternidad, participan de ésta. Aquí vemos que para Platón, no son las cosas, y por lo tanto el cambio, lo que va a definir a la eternidad, sino todo lo contrario: el tiempo, entendido como los instantes en constante movimiento, es el que depende de la eternidad, entendida ésta como el tiempo desplegado en su totalidad^{14 15}. Dicho de otro modo, el tiempo (la eternidad, específicamente) existe independiente de los eventos que en él ocurren.

Por su parte Aristóteles, de manera consecuente con el resto de su filosofía, va a volver a conectar el tiempo al mundo físico. Así, y en oposición a la postura de Platón, el tiempo no existe de modo independiente a los eventos que en él ocurren. Movimiento y tiempo no son lo mismo, pero sin movimiento no podríamos concebir el paso del tiempo. El tiempo depende de las cosas, sus movimientos y sus cambios, pero la postura aristotélica agrega un aspecto adicional: son los hombres los que perciben el movimiento, por lo que el tiempo está en cierta medida ligado a los individuos que lo perciban¹⁶.

⁹ Copleston (2011), capítulo VI.

¹⁰ Kirk, Raven y Shofield (2008), capítulo X.

¹¹ Diógenes Laercio (2007).

¹² Kirk, Raven y Shofield (2008), capítulo IX.

¹³ Es interesante destacar que para Zenón, al igual que para Parménides hasta cierto punto, el que hubiese una discrepancia entre nuestro razonamiento y nuestra percepción debía significar que algo andaba mal con la percepción y no con nuestro razonamiento.

¹⁴ W. von Leyden (1964).

¹⁵ Markosian (2016).

¹⁶ W. von Leyden (1964).

Aunque esta breve reseña histórica puede omitir algunas contribuciones importantes, permite señalar las bases para pasar al momento en que la discusión sobre el tiempo va a tomar la forma que actualmente posee, que podemos situar en la entrada a la modernidad, de la mano de la revolución científica a partir del siglo XVII.

Parece evidente que tenemos reacciones emotivas frente al fluir del tiempo, y por lo tanto la experiencia subjetiva va a cumplir un rol importante frente al análisis del tiempo. Sin embargo, no será ése el foco de nuestra investigación, y si bien no negamos la importancia de este último punto (cuestión que de hecho aparecerá con cierta fuerza en el transcurso de este trabajo en los capítulos 3 y 4), las actitudes emocionales frente al tiempo no bastan para una completa respuesta frente al problema del tiempo, ya que no podemos obtener suficiente información a partir de éstas para tratar cuestiones como el orden temporal que conecta a los eventos físicos. Por esto es que el problema del tiempo no es sólo un problema emocional, perceptual y filosófico, sino que también es un problema de la física.

Las discusiones sobre la física tienen como base objetos que se encuentran tanto en el espacio como en el tiempo, pero la naturaleza de estas dos nociones no parece revelarse sencillamente. Es por esto que la filosofía sobre el tiempo y el espacio se convirtió en una cuestión central de la metafísica y de la epistemología de la época. Las posturas que anteriormente rastreábamos hasta Platón y Aristóteles han evolucionado y se ven reflejadas, por una parte, en el reduccionismo respecto al tiempo o relacionismo, y por otra parte, en el absolutismo respecto al tiempo o sustancialismo. Estas posturas tuvieron como principales representantes de la época a Leibniz en el caso del relacionismo y a Newton en el caso del sustancialismo¹⁷.

En el caso de Leibniz, éste le niega al espacio y al tiempo una existencia independiente de las cosas materiales. En Leibniz, el tiempo es la colección de todas las relaciones temporales entre los distintos sucesos. Todos los sucesos tienen una relación temporal entre sí, ya sea estando antes, después o simultáneo con otro suceso. Sin los sucesos, no habría dichas relaciones, y por lo tanto no habría tiempo¹⁸.

Por su parte, Newton va a aportar a la discusión principalmente a través de resultados de la observación de experimentos más que a través de la argumentación. En principio, para Newton la

¹⁷ Markosian (2016).

¹⁸ Sklar (1992), pág. 38 - 42.

existencia tanto del tiempo como del espacio como entidades independientes son postulados necesarios para el desarrollo de su física. Aunque el marco newtoniano no distingue entre movimientos uniformes y reposo, sí lo hace respecto de movimientos uniformes y movimientos acelerados. Si se pudiera enlentecer la medida del tiempo gradualmente de manera aislada para las distintas descripciones, se podría borrar tal distinción. De este modo, se hace necesaria para la teoría la presuposición de la existencia de un tiempo absoluto con el cual comparar las duraciones para decidir sobre el tipo de movimiento¹⁹.

Una de las nociones más relevantes para la discusión sobre el tiempo en la física newtoniana es la noción de instante. En el caso de la física newtoniana, un instante de tiempo se extiende en todos lados, ocurre para todo el espacio. Esto va acorde con lo presentado anteriormente sobre la postura de Isaac Newton, quien se refiere apelando a la idea de que un instante de tiempo es absoluto:

No le adscribimos distintas duraciones a diferentes partes del espacio, sino que decimos que todos duran simultáneamente. El momento de duración es el mismo en Roma y en Londres, en la tierra y en las estrellas, y a través de los cielos... tal como lo entendemos, cualquier momento de duración está distribuido a través de todos los espacios, según su tipo, sin ningún concepto de parte...²⁰

Podemos asumir en física clásica que para dos instantes de tiempo cualesquiera, existe una duración objetiva real que los separa. Si llegásemos a considerar al tiempo como una dimensión más (cuestión que es posterior a Newton), un instante de tiempo se va a comportar como una 'tajada' del universo, un corte que atraviesa de igual manera todo el espacio.

Con la consolidación de la física newtoniana, esta concepción del tiempo se mantuvo hasta las revoluciones científicas del siglo XX, pero la discusión filosófica se mantuvo en pie. Vale la pena destacar el trabajo de Kant, en donde las nociones de tiempo y espacio eran independientes, mientras que en la actualidad, no es posible separarlas. Además, en Kant, el tiempo y el espacio son formas *a priori* de la sensibilidad, las que nos permiten construirnos una representación de la realidad. El tiempo y el espacio son jerárquicamente anteriores a la experiencia y determinan la manera en que la obtenemos.

¹⁹ Sklar (1992), pág. 42 - 47.

²⁰ Isaac Newton, en Belot (2013).

Considerándolo de este modo, Kant va a establecer un esquema lógico dentro del cual la razón gobierna al mundo físico. Por esto es que en Kant aparece el *noúmeno* kantiano como atemporal, y en algún sentido, el fluir del tiempo es un tiempo subjetivo. Por supuesto, no debemos entender el tiempo subjetivo kantiano como un tiempo ilusorio, pues el tiempo kantiano es constitutivo de nuestra realidad, de las cosas como se nos muestran. En el sentido kantiano entonces, la realidad física no es distinta de la realidad de cómo se nos muestran las cosas, y tal vez en este sentido la distinción subjetivo-objetivo no es aplicable, pero en este caso nos estamos refiriendo a que el tiempo kantiano es un tiempo subjetivo pues no es aplicable a la cosa en sí²¹.

Líneas filosóficas contemporáneas del problema

Dentro de la tradición de la filosofía anglosajona las discusiones sobre la noción temporal se nutrieron explícitamente de los avances y desarrollos científicos ocurridos con motivo del cambio conceptual que conlleva el abandono del marco newtoniano por el einsteiniano. Por este motivo parece pertinente mantener dentro de nuestro foco las discusiones filosóficas que de modo naturalizado comenzaron a tener lugar en tal tradición.

En esta línea, quien hace un aporte sustancial a la discusión temporal es el pensador John M. E. McTaggart, quien en 1908 publica el artículo *The Unreality of Time*. Aquí, McTaggart argumenta en contra de la existencia del tiempo y afirma que el orden temporal es solamente aparente. La idea básica de McTaggart es que la posición en el tiempo puede ser distinguida de dos maneras. La primera consiste en que cada posición en el tiempo es tener una propiedad, como por ejemplo estar *en el presente* o *estar en el futuro*. A estas propiedades se les conoce como las “propiedades A”, y dan origen a una serie de eventos ordenada a partir de estas propiedades. A esta serie McTaggart le llama “serie A”. La segunda manera en la que podemos distinguir la posición en el tiempo es considerar que cada posición es una relación diádica del tipo *Y está en el futuro de X*, o *S está en el pasado de T*. Estas relaciones son conocidas como “relaciones B” y dan origen a la serie ordenada a partir de estas relaciones conocidas como “serie B”²². Esta última definición de posición en el tiempo no estaría realmente haciendo alusión al tiempo, pues se trata de relaciones entre eventos, no hay referencia

²¹ Kant (1998), páginas 65-91.

²² McTaggart (1908), pág. 459.

alguna a un tiempo objetivo. Ahora bien, la primera definición de posición en el tiempo no sería sostenible porque terminaría siendo, contradictoria, pues, a juicio de McTaggart, cada evento sólo puede poseer una de estas propiedades ya que no son compatibles entre sí, no se puede ser conjuntamente presente, pasado y futuro a menos que en lugar de considerar a estas propiedades como tales, las consideremos como relaciones, pero esto sería entonces comenzar a definir la posición en el tiempo ya no como en la serie A, sino como en la serie B. La contradicción aparece pues McTaggart afirma que cada evento poseería estas tres propiedades incompatibles²³.

Inmediatamente uno podría contra-argumentar que no es cierto que una posición en el tiempo posea todas las propiedades en conjunto, porque t es futuro ahora, mas luego será pasado, pero esta maniobra hace alusión a otro tiempo adicional, es decir, se supone de antemano la existencia del tiempo. Estamos diciendo que t en t_1 es futuro pero que t en t_2 es pasado, y ese tiempo adicional al que hacemos referencia deberá tener todas las propiedades en conjunto, a menos que hagamos alusión a un tercer tiempo adicional, pero esto se vuelve a repetir en una regresión infinita²⁴.

El trabajo fundacional de McTaggart recién señalado da comienzo a una nueva etapa en que los descubrimientos de la física moderna contribuyen a las discusiones sobre la temporalidad. Por lo tanto puede tomarse como el inicio de la etapa actual de las discusiones en las que tanto los descubrimientos asociados con la teoría de la relatividad como los de la mecánica cuántica comienzan a tomarse como insumos adicionales para la discusión filosófica y a su vez los cambios conceptuales de la física motorizan y demandan una discusión filosófica específica.

A partir de los postulados de la teoría especial de la relatividad de Albert Einstein, la concepción del tiempo dio un giro importante. El nuevo estatus de la velocidad de la luz como constante universal no va a permitir seguir sosteniendo una noción de tiempo absoluto como se había postulado en la física newtoniana. Esto se verá como una reformulación de la noción de simultaneidad para eventos a distancia uno del otro como una característica relativa al sistema de referencia y seguidamente como una relativización del orden temporal entre eventos. Bajo el paradigma de la física newtoniana, y gracias a que ésta postula la existencia del tiempo absoluto, si para un observador dos eventos ocurren simultáneamente, esos eventos serán simultáneos para todos los demás observadores. Pero de acuerdo a la teoría de la relatividad especial, la velocidad de la luz es finita y constante para cualquier observador,

²³ McTaggart (1908), pág. 468.

²⁴ McTaggart (1908), pág. 468.

por lo que en cualesquiera dos sistemas de referencia que se muevan uno respecto de otro, obtendrán el mismo valor al medir la velocidad de la luz de una linterna a pesar de que la linterna esté en reposo en un sistema y moviéndose respecto del otro. Teniendo en cuenta que la manera de determinar el momento en que ocurre un evento es a través de la información que nos llega por medio de la luz, todo esto va a traer como consecuencia que las distancias espaciales se contraigan y que los intervalos de tiempo se dilaten al comparar las mediciones entre los distintos sistemas de referencia inerciales. En un principio esta diferencia fue atribuida a cómo se ven las cosas desde otro sistema y no a que verdaderamente los procesos duren más o menos. La predicción de la teoría acerca de que el tiempo de vida media de las partículas subatómicas es diferente si estas partículas se mueven a altas velocidades fue confirmada tempranamente y hoy mismo los cálculos del sistema de posicionamiento global (GPS) toman el tiempo de los satélites de acuerdo a estas dilaciones. Nuevamente si tomamos en cuenta que la única manera de acceder a los eventos es a través de la información que nos llega por medio de las ondas electromagnéticas, no parece que sea sostenible que la contracción de las distancias y la dilación de los tiempos sea una cuestión solo de modos de medir. No queda lugar para evitar aceptar que la duración y la distancia cambian, no solo sus medidas.

Sin embargo, y a pesar de poner en duda la idea de tiempo absoluto newtoniano, la teoría de la relatividad especial tampoco va a dar soporte al relacionismo lebniziano, pues a partir del trabajo de Einstein, el espacio y el tiempo poseen características definitorias que les son propias como objetos. Tomando esto en consideración, ya no sería posible separar la posición de un objeto en el espacio de su posición en el tiempo. En física, esto dio pie a una nueva conceptualización del espacio y del tiempo, dado que la medida del tiempo va a depender de la velocidad del sistema de referencia del observador lo cual acopla espacio y tiempo. Esta conceptualización se resume en la noción de espacio-tiempo de Minkowski, que sería una suerte de escenario en donde todos los procesos físicos tienen lugar.

Paralelamente, en filosofía persisten varias discusiones sobre la metafísica del tiempo que están en estrecha relación con el trabajo de McTaggart y que, en general, no hacen uso de las teorías físicas contemporáneas. Básicamente, la discusión se divide entre una de las dos caracterizaciones que McTaggart presenta, aunque vale la pena destacar que no todos los filósofos del tiempo se enmarcan en esta clasificación. A partir de esto, existen diferentes variaciones de cada una de estas caracterizaciones: el presentismo, que postula que sólo los objetos presentes existen, negando con esto la existencia de los objetos futuros y pasados. Como respuesta encontramos al no-presentismo, que considera que podemos

aceptar la existencia de objetos no presentes. Una versión del no-presentismo es el eternalismo, que considera que todos los objetos, tanto los pasados como los futuros, tienen existencia de manera similar a los objetos presentes.

Existe cierta línea en la filosofía analítica originada por el trabajo de Wittgenstein que apela a tratar el problema del tiempo basándonos en las formas que tenemos de hablar de él. Algunos de los filósofos que se acercan a esta postura son Arthur Prior²⁵ y John Austin²⁶. La idea básica no está necesariamente en negar la existencia de problemas metafísicos sobre el tiempo (aunque es una opción), sino a analizar los juegos de lenguaje en los que se da el discurso sobre el tiempo, con intención de que al menos una parte de la discusión se disuelva. Esta opción no tiene gran aceptación entre los filósofos que se dedican al problema del tiempo, quienes intentarían responder en lugar de disolver los problemas.

Una de las posturas con respecto al tiempo que ha tenido repercusiones en el trabajo que involucra tanto a la filosofía como a la física lo encontramos en una de las definiciones dada por Hans Reichenbach²⁷ sobre el orden temporal. La idea básica de Reichenbach es reducir el concepto de tiempo a las relaciones causales entre los eventos, sosteniendo una suerte de relacionismo lebniziano. Específicamente, se propone que el evento A ocurre antes que el evento B si A pudo haber causado B pero B no pudo haber causado A. Esta definición es considerada la primera teoría causal del tiempo, aun cuando Leibniz ya había definido orden temporal de manera similar. El orden temporal viene dado por la asimetría causal.

La principal ventaja de la definición de Reichenbach es que va a clarificar la noción de tiempo en términos de causalidad y posibilidad, habiendo sido ambas nociones ampliamente estudiadas en filosofía, evitando las anteriores circularidades en la definición. Por otra parte, en esto mismo radica también la principal desventaja de la definición de Reichenbach, pues ahora la noción de tiempo queda expuesta a las mismas críticas de las que son posibles tanto la causalidad como la probabilidad.

Dejaremos hasta aquí la discusión concentrada principalmente en la historia del concepto de tiempo para poder adentrarnos en algunas de las características principales que le atribuimos a éste. En

²⁵ Prior (1968).

²⁶ Austin (1962).

²⁷ Glymour y Eberhardt (2016).

el siguiente capítulo desarrollaremos las nociones de fluir del tiempo y de asimetría temporal, las que serán centrales para nuestra investigación.

2. Asimetría temporal

Uno de los tópicos que unen física y filosofía es el problema del tiempo y de la flecha temporal. En una primera instancia, no podemos negar la existencia de lo que parece ser un sentido en el cual el tiempo corre. De hecho, más allá de las ciencias, dentro de nuestras intuiciones más básicas está el irreversible paso del tiempo que parece mostrar una diferencia entre el pasado y el futuro. La física ha detectado esta asimetría y es a lo que le llamamos "la flecha del tiempo".

Tanto en filosofía como en física, son varios los autores que se han preguntado por la naturaleza de la dirección del tiempo, desde el trabajo de H. Reichenbach durante el siglo XX hasta desarrollos actuales en manos de autores como H. D. Zeh, J. Earman o T. Maudlin, solo por mencionar a algunos. En su libro *Time's Arrow and Archimedes's Point*, el filósofo australiano Huw Price²⁸ enfatiza el fenómeno de las flecha temporales, argumentando sobre cómo estas son un componente antrópico de nuestra idea de tiempo, la que está ligada fuertemente al hecho de que nos enfrentamos constantemente a la asimetría temporal en el mundo macroscópico. Según Price, una vez que destacamos esto, podemos disminuir nuestras exigencias sobre la dirección de la temporalidad. Esto va a ser particularmente útil en el estudio del mundo cuántico, específicamente para poder enfrentar de mejor manera aquellos fenómenos contra-intuitivos a los que nos vemos enfrentados en mecánica cuántica, pues a su juicio, la postulación de un tiempo simétrico en el mundo microfísico resolvería en gran medida estos problemas.

En este capítulo analizaremos detalladamente la asimetría temporal, concentrándonos específicamente en algunas de las distintas flechas del tiempo que se han considerado en las ciencias. A partir de este análisis, nos enfocaremos en la que es muchas veces postulada como la principal flecha del tiempo, la asimetría de la termodinámica, la que viene dada concretamente por la segunda ley de la

²⁸ Price (1996).

termodinámica. Sin embargo, veremos cómo es que existe una serie de problemas asociados a considerar que efectivamente la asimetría de la termodinámica puede otorgarnos una flecha temporal objetiva ligada a alguna ley fundamental de universo, pues notaremos cómo es que la asimetría de la termodinámica parece haber un componente antrópico presente.

Una de las primeras interrogantes que se nos presentan a la hora de hablar de la asimetría temporal, es si ésta es una característica propia del tiempo mismo, o si la flecha del tiempo es sólo una característica de nuestra experiencia humana. Ambas respuestas están ligadas a ciertas posturas sobre la naturaleza del tiempo, ya que aceptar el primer camino nos llevará a aceptar la existencia de la entidad tiempo, mientras que la segunda no se comprometerá con ésta, sin necesidad de ofrecer alguna explicación metafísica al respecto. Ahora bien, independiente de los compromisos ontológicos a los que esta discusión nos pueda llevar, lo que va a subyacer en este capítulo es si la asimetría temporal es una característica objetiva de la realidad, independiente de los humanos o no lo es.

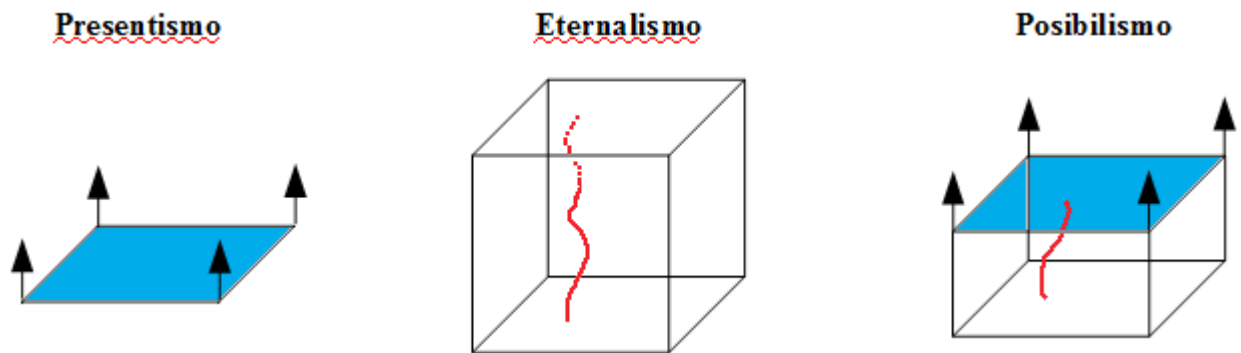
El fluir del tiempo

Vale la pena mencionar que hay un problema asociado directamente a la discusión de la asimetría temporal, y que en cierta medida puede ser considerado anterior al problema de las flechas temporales. Nos referimos específicamente al problema del fluir del tiempo. Una de las principales características que le atribuimos al tiempo es su carácter transitorio, pues experimentamos el pasar del tiempo. Ahora bien, la discusión filosófica central sobre este tema va a versar respecto a si la experiencia está basada en una característica del tiempo mismo o si el fluir del tiempo tiene sus bases en la misma experiencia humana, sin que esté ligado a las características de ninguna entidad tiempo.

Dentro de esta discusión, una de las cuestiones que se va a presentar como centrales es la pregunta sobre la naturaleza del presente. Esta problemática, a diferencia de lo que habíamos planteado anteriormente respecto al problema de la dirección del tiempo, va a estar ligada necesariamente a la discusión ontológica sobre la naturaleza del tiempo mismo. En este punto nos limitaremos a explorar algunas de las distintas posturas filosóficas al respecto, con la finalidad de retomar parte de esta discusión más adelante bajo el enfoque de la cognición corporeizada²⁹.

²⁹ Capítulo 4 de esta tesis.

En lo que respecta al problema en cuestión, encontramos tres principales posturas metafísicas rivales respecto al problema del fluir del tiempo: presentismo, eternalismo y posibilismo (Figura 1³⁰). La primera de estas posturas, el presentismo, sostiene que sólo el presente existe, no así el pasado ni el futuro, incluyendo con esto los objetos en ellos. Se podrá sostener que el pasado ya fue, pero no es más, mientras que el futuro será, pero aún no es. En este sentido, el presentismo va a involucrar normalmente la idea de un momento presente distinguible y en constante cambio³¹. Por supuesto, para una postura como ésta, el fluir del tiempo o el devenir temporal, es central.



Hay varios problemas asociados al presentismo. Por un lado, tenemos el problema de la naturaleza del presente, ya que estamos hablando básicamente de una 'tajada' de espacio-tiempo, y habrá que cuestionarse si efectivamente puede existir algo así como una 'tajada de espacio-tiempo' tomando en consideración, por ejemplo y sólo por mencionar alguna de ellas, las dificultades físicas en lo que refiere a la simultaneidad. Incluso a nivel psicológico la pregunta por el presente es una cuestión difícil de plantear, pues incluso en nuestra experiencia del presente no parece tan claro pensar que efectivamente nos enfrentamos a tajadas espacio-temporales, pues la experiencia del ahora parece involucrar todo un construir del ahora a partir de asumir la existencia del pasado y predecir la existencia de un futuro.

Por supuesto, todas estas problemáticas pueden ser desarrolladas extensamente, pero se alejan de nuestros objetivos demasiado como para tratarlos acá. Sin embargo, será relevante para nuestra

³⁰ Gráfico original en Savitt (2014). Se distingue ahí el presente como la superficie azul, las líneas rojas como la línea mundo de un objeto y las flechas como la dirección temporal. En los diagramas se suprime una de las dimensiones espaciales.

³¹ Vale la pena destacar que hay versiones del presentismo que no involucran el cambio.

investigación destacar cómo es que estas posturas implican una serie de problemáticas filosóficas en extremo complejas que, al asumirlas, nos llevan a sostener cuestiones que son muy poco intuitivas.

Una postura opuesta al presentismo en el sentido de que no limita la existencia temporal al presente es el eternalismo, también conocido como 'tesis del universo bloque'. Dentro de esta línea, tanto pasado, presente y futuro existen, al igual que los objetos en cada una de estas regiones temporales. Así, mientras que desde la mirada del presentismo, entidades como Diógenes de Sinope o una futura colonia lunar no existen, para el eternalismo, en cierto sentido, sí existen, solo que en otro punto del tiempo. La única diferencia para entre los objetos del presente con los del pasado o los del futuro está en que están ubicados en coordenadas espacio-temporales diferentes entre sí, pues la única diferencia entre el ahora y el ayer o el mañana es la perspectiva del individuo. De hecho, para el eternalismo, tanto el ahora como el presente es sólo un marcador individual de la posición del observador en el tiempo. Si a esta posición temporal le sumamos las 3 dimensiones espaciales, tenemos lo que en física se conoce como 'línea mundo', la secuencia de eventos espacio-temporales que corresponden a la historia del individuo. El filósofo Steven F. Savitt plantea que podemos notar en la diferencia respecto a los objetos antes mencionada que el presentismo se acerca mucho más a la experiencia temporal, mientras que el eternalismo parece sostener una postura similar a la requerida por la física, en donde el tiempo se considera como la totalidad de los eventos³².

Vemos como en el caso del eternalismo, el tiempo es tratado en gran medida como una dimensión en la que los objetos se mueven. Es por esto que el eternalismo va a perder la diferencia objetiva entre pasado, presente y futuro, pues la carga queda puesta en la perspectiva de los individuos.

Por supuesto, el eternalismo, al igual que el presentismo, también está asociado a una buena suma de problemas. Uno de los primeros y más evidentes está relacionado justamente con la falta de distinción entre presente, pasado y futuro que antes mencionábamos, ya que esto está dissociado de nuestra experiencia en el tiempo. Al menos en principio sabemos que no podemos afectar el pasado, pero sí podemos afectar el futuro, y esto no parece ser una cuestión subjetiva. Muy cerca de este problema aparece la problemática del determinismo, pues el eternalismo parece llevarnos a tener que aceptar que el futuro ya existe. Nuestras intuiciones nos indican que una de las diferencias principales entre el pasado y el futuro es que este último puede ser cambiado, pero esto es sólo sostenible si efectivamente existe una diferencia entre pasado y futuro, y el eternalismo niega esta diferencia.

³² Savitt (2006), pág.124.

Finalmente podemos mencionar el problema de la identidad, que si bien no es exclusivo del eternalismo, adquiere una arista muy compleja en este caso, pues si efectivamente todas las regiones temporales tienen el mismo estatus ontológico, podemos preguntarnos por un mismo objeto en cada una de esas regiones. De esta manera, un individuo en 1986 tiene el mismo estatus ontológico que ese mismo individuo en el 2015, y según si consideremos el tiempo como continuo o discreto, podemos extender este problema a un número infinito de copias de ese mismo individuo, cada una de las cuales existirían

Finalmente, existe una postura que puede ser considerada como intermedia entre el presentismo y el eternalismo. Esta postura es conocida como 'posibilismo' o 'tesis del universo creciente'. El posibilismo va a considerar que tanto el pasado y como el presente existen, pero no así el futuro. De esta manera, se intenta evitar algunos de los problemas como el determinismo, y se logra mantener la distinción entre pasado, presente y futuro. Este último tiene el estatus de posible, por lo tanto no está determinado. Pero una vez que el futuro se vuelve presente, queda ya determinado. De todos modos, aun cuando la tesis del universo creciente resuelve varios de los problemas presentados para el presentismo y para el eternalismo, también arrastra problemas asociados a ambas posturas.

Las flechas temporales

Otro de los componentes del carácter transitorio del tiempo es la idea de que el tiempo tiene una dirección. Pareciera que el mundo en el que nos encontramos es asimétrico temporalmente, pues existe una distinción entre pasado y futuro. Existen varios procesos en los cuales se hace patente la asimetría, pues estos procesos parecen ocurrir con una orientación temporal particular, por lo que es normal pensar el tiempo de manera asimétrica, pues el mundo al que nos enfrentamos nos estaría revelando esa asimetría. Esta asimetría temporal ha sido popularizada bajo el concepto de “la flecha del tiempo”, el cual fue presentado originalmente por el astrónomo y físico británico Arthur Stanley Eddington en libro *The Nature of the Physical World* de 1928:

Dibujemos una flecha arbitrariamente. Si al seguir la flecha nos encontramos cada vez más elemento de aleatoriedad en el estado del mundo, entonces la flecha apunta hacia el futuro; si la aleatoriedad disminuye la flecha apunta hacia el pasado. Esa es la única distinción conocida por la física. Esto se

*deduce de inmediato si en nuestro argumento fundamental se admitió que la introducción de la aleatoriedad es la única cosa que no se puede deshacer. Usaré la frase 'flecha del tiempo' para expresar esta propiedad de un solo sentido del tiempo que no tiene análogo en el espacio*³³.

Eddington menciona una serie de características que las flechas temporales poseen. Primero, una flecha temporal debe ser reconocible vívidamente a la consciencia. Este punto es central para el desarrollo de nuestro trabajo, pues en los siguientes capítulos veremos cómo es que será en gran medida (aunque no totalmente) la experiencia consciencia la que nos permitirá construir nuestro concepto de tiempo. En el trabajo de Eddington, esta característica se vuelve relevante pues cualquier otra asimetría que no sea reconocible a la consciencia no podría formar parte de nuestra experiencia de tiempo, y esta sería constituyente de nuestro concepto de tiempo. Para Eddington, la concepción geométrica del tiempo como una dimensión más, al estilo de un mundo a la Minkowski no basta para obtener aquello a lo que nos referimos cuando nos referimos al tiempo, ya que bajo esa concepción, no tenemos manera de obtener la dirección del tiempo. El ejemplo dado por Eddington es el siguiente: en un mapa puedo ver las calles, pero voy a necesitar las flechas si es que quiero saber el sentido de éstas, necesitamos algo adicional a la mera representación geométrica. Eddington propone apelar directamente a la consciencia como aquello que nos permite completar el conjunto, y en palabras del mismo Eddington, 'pasar del *existir* al *acontecer*'³⁴.

Es relevante destacar como es que Eddington parece hacer notar que en aquello que entendemos por tiempo existe un importante componente humano, y que la mera descripción física del mundo no lograría captarlo sin tomar en consideración este componente. En esta línea es que encontramos la segunda característica de las flechas temporales propuesta por Eddington: es la razón humana la que nos indica que invertir el sentido de una flecha del tiempo nos presentaría un mundo exterior sin sentido. De hecho, si viésemos, por ejemplo, el mundo como si fuese una película en reversa y notáramos el proceso inverso al caer de una piedra, nos parecería extraño captar como es que las ondas de sonido, más el resto de la energía disipada, convergen en el piso, en el punto de contacto con la piedra, y que la energía se acumula en ese punto hasta impulsar a la piedra hacia arriba. Lo importante a destacar desde el punto de vista de Eddington está en que nada de esto es algo que sea físicamente imposible, y no hay nada extraño en un mundo corriendo al revés en lo que a las leyes físicas respecta, sino que es nuestra razón la que nos indica que las cosas no están funcionando como deberían.

³³ Eddington (1928), pág. 69.

³⁴ Eddington (1928), pág. 68.

Volveremos sobre este punto un poco más adelante.

Tradicionalmente en física se habla de varias flechas temporales. Una de ellas es la flecha cosmológica del tiempo. Esta asimetría, planteada a partir del trabajo de Georges Lemaître sobre las ecuaciones de la relatividad general y posteriormente corroborada por el trabajo de Edwin Hubble a principios del siglo XX, está basada en que el universo está en expansión desde sus orígenes, de modo que distinguimos entre pasado y futuro por el estado del universo, ya que éste antes era más caliente y más denso, y hacia el futuro se enfría y se hace cada vez menos denso. A partir de esta flecha es que reconocemos que en el pasado el universo era mucho más pequeño, hasta que inicialmente estaba concentrado en un solo punto, al que actualmente llamamos 'Big Bang'. Sin embargo, esta flecha no cumple con algunas de las características planteadas por Eddington, ya que la flecha de la cosmología no es observable a simple vista, no forma parte de nuestras vivencias diarias, y de hecho, nuestra observación de la expansión del universo depende de la interpretación de datos mediante de cierta teorías, de modo que difícilmente podemos considerar, *prima facie*, la flecha cosmológica como una flecha temporal, a menos que podamos ligarla a otra flecha temporal a la que tengamos un acceso más directo.

Otra de las flechas temporales a las que se alude en física es la flecha temporal de la radiación. Las ondas, sean éstas de luz, sonido, agua, radio, etc., se expanden desde su fuente de origen hacia el exterior y no viceversa. La flecha temporal de la radiación cumple con las características requeridas por Eddington presentadas anteriormente, de modo que esta flecha temporal forma parte de nuestras experiencias con en el mundo. Es normal ver cómo al dejar caer una piedra sobre el agua las ondas se van expandiendo, pero no vemos nunca cómo un grupo de ondas convergen para expulsar una piedra del agua. Podemos escuchar las ondas de sonido salir desde el hocico de un perro al ladrar, pero nunca hemos presenciado como un ladrido se agrupa hasta alcanzar el hocico de un perro. Ahora, si bien las ecuaciones de onda permiten la posibilidad de existencia de ondas convergentes, las probabilidades de éstas son mucho menores que las de las ondas que se expanden. Esto es particularmente relevante, pues las leyes de la física son igualmente compatibles con las ondas convergentes, y sin embargo, no encontramos este tipo de ondas en el mundo.

Es común que se considere que las ondas expandiéndose aumenten la entropía en el universo, mientras que las ondas convergentes disminuirían la entropía, de modo que es común que se intente

reducir la flecha temporal de la radiación a la flecha de la termodinámica³⁵.

La asimetría en la termodinámica viene específicamente dada por la segunda ley de la termodinámica, según la cual la entropía en un sistema aislado tiende a aumentar, lo que nos permite diferenciar entre pasado y futuro. Desarrollaremos un poco más esta última flecha. Pensemos en el siguiente caso: Estando en una pequeña habitación cerrada, alguien decide destapar un frasco que contiene bertolita, un gas venenoso utilizado como arma química conocido también como 'gas cloro'. Debido a la cantidad de bertolita disponible en el frasco, sabemos que lo más apropiado es salir de la habitación lo más rápido posible, ya que la bertolita, que originalmente se encontraba en un estado de equilibrio dentro del frasco, pronto comenzará a propagarse por la habitación para alcanzar un nuevo equilibrio³⁶. En este ejemplo, estamos en presencia de un proceso termodinámico, y una de las principales características de los procesos como los del ejemplo es que son procesos irreversibles, tienen una dirección, ya que los sistemas tienden espontáneamente hacia un futuro estado de equilibrio, pero no ocurre que al revés. Por supuesto, podemos poner una gran cantidad de ejemplos en los que vemos la irreversibilidad termodinámica, como el efecto disipativo de las fuerzas friccionales o la transferencia de calor desde un cuerpo con mayor temperatura hacia otro de menor temperatura, sólo por mencionar algunos casos adicionales.

En este sentido, la termodinámica describe gran parte de la asimetría que encontramos en el mundo. Es muy relevante destacar que la termodinámica es una ciencia cuyas variables se extienden sobre parámetros macroscópicos, como la temperatura o el volumen. Ahora bien, normalmente se consideran tres principios o leyes de la termodinámica, pero anteriormente hemos mencionado a la segunda ley de la termodinámica como la fuente de la asimetría. Existen varias maneras de enunciar esta segunda ley, siendo las más conocidas la formulación de Kelvin-Planck y la formulación de Clausius:

Formulación de Kelvin-Planck: Es imposible encontrar o generar un proceso termodinámico que funcione según un ciclo cerrado y cuyo único efecto sea el de producir trabajo e intercambiar calor teniendo una sola fuente de calor. Dicho de otro modo, no existe una máquina térmica perfectamente eficiente.

³⁵ Halliwell, J. J. Et all (1996), capítulo 6.

³⁶ La versión original de este ejemplo puede ser encontrada en C. Callender (2011). En este caso, modificamos ligeramente el ejemplo.

Formulación de Clausius: Es imposible que el calor se transfiera por sí solo desde una región de baja temperatura hasta otra de mayor temperatura. Dicho de otro modo, no existe una bomba de calor que no consuma trabajo.

Ambas formulaciones son finalmente equivalentes, pues ambas implican que en la evolución espontánea de un sistema térmicamente cerrado la entropía nunca disminuye, alcanzando su valor máximo en el equilibrio. Esto se torna especialmente relevante cuando consideramos que es justamente en el incremento de la entropía en donde principalmente podemos notar la asimetría termodinámica a nivel de fenómenos, desde la propagación de gases hasta como se difunde la leche que le ponemos al café.

De las flechas mencionadas hasta ahora, la flecha de la termodinámica es quizás la más importante, ya que podemos reducir en gran medida las otras dos asimetrías anteriores a la asimetría termodinámica³⁷. En el caso de la radiación de hecho, las ondas convergentes que antes mencionamos reducirían la entropía, lo que iría en contra de la segunda ley de la termodinámica. Cada una de estas flechas podría ser la base de la asimetría temporal, y dado que las otras flechas parecen reducirse a la flecha de la termodinámica³⁸, esta última parece ser un buen candidato para fundamentar la atribución de asimetría del tiempo.

La paradoja de Loschmidt

Sin embargo, esta asimetría temporal, en principio, no parece tener análogos en el resto de las leyes fundamentales ya que ninguna otra ley presupone, postula o establece ninguna asimetría temporal sino que en cambio, en ellas el tiempo parece ser un parámetro que puede cambiar de signo sin generar dificultades. Las leyes de la física parecen ser esencialmente simétricas en el sentido en que cualquier interacción que ocurra en una dirección puede ocurrir en la dirección opuesta. Las leyes de la física parecen ser ciegas a la dirección del tiempo, por lo que satisfacen una *T-simetría*, lo que evidencia un

³⁷ Zeh (2012).

³⁸ Vale la pena mencionar que esta reducción no está exenta de discusión. Karl Popper, en una carta a *Nature* en 1956 critica el que los físicos comúnmente consideren que todas las flechas temporales se reduzcan a la flecha de la termodinámica. Por otro lado, también se ha discutido si podría ser otra la flecha fundamental del tiempo, ya sea la flecha de la radiación, la flecha de la causación o alguna otra.

problema central en la física sobre la asimetría presente en segunda ley de la termodinámica. El físico y filósofo Hans Reichenbach en su libro *The Direction of Time*, se refiere al problema de la asimetría de la siguiente manera:

*El problema al que el físico se enfrenta se puede formular del siguiente modo. Los procesos elementales de la termodinámica estadística, los movimientos y las colisiones de moléculas, suponemos que deben ser controlados por las leyes de la mecánica clásica y por lo tanto son reversibles, pero como sabemos, los macroprocesos son irreversibles. ¿Cómo puede esta irreversibilidad de los macroprocesos conciliarse con la reversibilidad de los microprocesos?*³⁹

Este problema es conocido como la paradoja de Loschmidt, y se origina en la imposibilidad de obtener deductivamente procesos irreversibles a partir de leyes que son esencialmente simétricas. Originalmente este problema fue presentado por William Thompson (Lord Kelvin) en 1874⁴⁰, pero es conocida por la respuesta al trabajo de Ludwig Boltzmann presentado por Johann Loschmidt.

Básicamente, cualquier intento de inferir la segunda ley de la termodinámica, que describe el comportamiento de los sistemas macroscópicos, a partir de la simetría temporal de casi todos los procesos físico de nivel fundamental parece ser infructífero. La paradoja misma radica en que tanto la segunda ley de la termodinámica como la simetría temporal de los procesos físicos de nivel fundamental son principios ampliamente aceptados en la física, ambos con soporte teórico y observacional robusto, y a pesar de esto, parecen entrar en conflicto.

El problema, según Price, es que el origen de esta asimetría de la termodinámica vendría dada por las "condiciones límite", lo que implica que las flechas temporales no están dadas por alguna característica específica del tiempo mismo, sino se basan en que el universo se encontró en ciertas condiciones especiales por el Big Bang. Dicho de otro modo, la asimetría temporal no está dada por una característica intrínseca de la naturaleza, sino que está relacionada con las condiciones iniciales de nuestro universo. Tal y como vimos, aun cuando la flecha temporal termodinámica puede ser la mejor candidata para basar la asimetría temporal, ésta descansa sobre condiciones límite, condiciones que involucran un estado de entropía bajo. De hecho, Price plantea que si viésemos el tiempo al revés, simplemente tendríamos que reformular la segunda ley de la termodinámica como el principio de que

³⁹ Reichenbach (1999), pág. 109.

⁴⁰ Thompson (1874). De todos modos, existen antecedentes previos, específicamente el trabajo de S. Carnot de 1824.

la entropía de un sistema aislado nunca aumenta. No es por lo tanto el tiempo mismo el que sería asimétrico, la asimetría no es una cuestión objetiva, sino que tiene que ver con la orientación temporal elegida. Una cosa es que en el tiempo haya fenómenos asimétricos y otra muy distinta es que el tiempo mismo sea asimétrico, y parece que el incremento de la entropía en el universo corresponde a lo primero.

Sin embargo existe un principio temporal asimétrico que parece ser aceptado de modo general en la física contemporánea, y que está incluido en el estudio de los sistemas térmicos. Este principio está en el teorema-H desarrollado por Ludwig Boltzmann en donde establece una relación entre la entropía y la teoría cinético-molecular, explicando la ley de incremento de entropía. Para esto, Boltzmann hace uso de un supuesto originalmente tiempo-asimétrico: el *stoßzahlansatz* o “presunción del caos molecular”. Este supuesto sostiene que las velocidades de las partículas que colisionan entre sí no están correlacionadas, y que su posición es independiente. Este supuesto es muy importante pues permite que se puedan realizar algunos cálculos que de otra manera serían imposibles de realizar. Estamos frente a un supuesto tiempo-asimétrico porque normalmente esperamos que la velocidad de las partículas resulte correlacionadas como resultado de una colisión y no antes, y del mismo modo, consideramos que luego de una colisión, la velocidad de las partículas quede correlacionada, independiente de si estas partículas se vuelven a encontrar o no en el futuro.

Específicamente, la denuncia Loschmidt se origina en que la presunción de caos molecular de Boltzmann no se sigue de ninguna ley física, y que si bien podemos considerar que las posibles correlaciones previas pueden ser descartadas como poco relevantes, al hacerlo estamos cambiando el sistema conceptual, pues de hecho se le está incorporando un elemento de asimetría temporal.

A juicio de Price, la presunción de caos molecular no es más que una instanciación de un principio más general, al que llama “el principio de independencia de las interacciones entrantes” o PI³ (**P**inciple of the **I**ndependence of **I**ncoming **I**nteraction). Dicho principio afirma que las propiedades de los sistemas interactuantes son independientes antes de que estos interactúen, y no después (Figura 2). Este principio es de manera clara temporalmente asimétrico, y de hecho puede ser usado para explicar otras asimetrías temporales, como la flecha de la termodinámica. Es necesario destacar que este principio es solo un principio epistémico, ya que si, por ejemplo, decidimos calcular las velocidades de las partículas, lo que tenemos es una escena completamente simétrica.

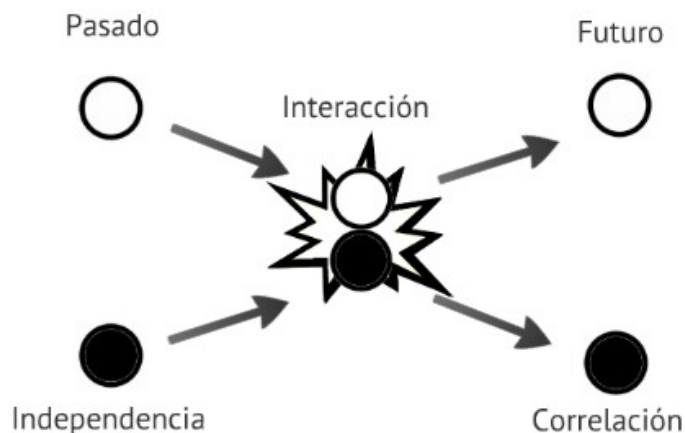


Figura 2

A pesar de lo anterior, debemos admitir que en el mundo encontramos que el PI^3 recibe un fuerte soporte empírico, ya que al parecer no encontramos casos en los que los componentes de un sistema estén correlacionados con los componentes de otro sistema si ambos sistemas no se han encontrado en el pasado. No intentamos presentar al PI^3 como un principio físico duro, sino como algo que forma parte de nuestras experiencias diarias, y es el motivo por el cual nos parecen tan raras las escenas de una película cuando van en el sentido contrario. Vemos como el vaso se rompe al ser golpeada por el martillo, pero nunca vemos como a partir de sacar un martillo de los restos de vidrio se reconstruye un vaso. El mismo caso ocurre con las ondas convergentes que mencionamos anteriormente, nunca las hemos visto en el mundo y nos parecen extrañas cuando podemos verlas gracias a retroceder una película.

Esto es relevante pues le da un "reconocimiento antrópico" al concepto de tiempo, en el sentido en que PI^3 es obtenido a partir de nuestra experiencia en el mundo, y es un principio que nos ayuda a construir en parte nuestro concepto de tiempo. Pero lo interesante es que ni PI^3 y la asimetría termodinámica están realmente postulando una característica objetiva del tiempo en sí, sino que están dados por las características de a) el estado inicial del universo y b) lo que encontramos en él. Vale la pena destacar que lo que tenemos en última instancia no es que el tiempo sea simétrico o asimétrico, sino que simplemente hay condiciones iniciales y hay experiencia, nada más. Dado esto último, en una primera instancia no existe conflicto entre la T-simetría postulada por la física y la asimetría temporal en el mundo que experimentamos, pero no porque la negación de asimetría como una característica

objetiva del tiempo nos lleve a afirmar que la simetría sí lo sea.

La flecha de la causación

Existe una flecha a la que, a diferencia de las flechas hasta ahora presentadas, no tiene asociada necesariamente ningún tipo de magnitud física (al menos en una primera instancia): la flecha de la causación. Vale la pena destacar esta flecha pues ha sido propuesta por algunos autores, principalmente por Hans Reichenbach⁴¹, como una posible responsable de la asimetría temporal.

Esta flecha viene dada por la asimetría causal. Una causa precede a su efecto y no al revés. No es lo mismo decir que el automóvil a gran velocidad causó al pasar que las aves volaran a decir que el que las aves volaran causó que el automóvil pasara a gran velocidad. No podemos cambiar causa por efecto y viceversa y mantener el mismo sentido. La precedencia de la causa frente al efecto es un tópico que ha sido ampliamente tratado en la filosofía. No está demás volver a una de las definiciones de causa del mismísimo David Hume, autor que puede ser considerado el principal filósofo de la causación de la modernidad⁴²:

*Podemos definir causa como «objeto precedente y contiguo a otro, de modo que todos los objetos semejantes al primero estén situados en relaciones parecidas de precedencia y contigüidad con respecto a los objetos semejantes al último».*⁴³.

Vale la pena destacar que para Hume, la relación de causación tiene como componentes centrales no la asimetría causal, no la precedencia, sino que la contigüidad y la regularidad. De esta manera, para Hume, la asimetría causal es una cuestión semántica, en donde acostumbramos nombrar 'causa' al primer evento y 'efecto' al evento posterior. En este caso, la relación entre la asimetría causal y la asimetría temporal es directa, pero a la vez es simplemente una cuestión de convención, no una cuestión que dependa del mundo. Si la propuesta de Hume estuviese en lo cierto, la asimetría de la causación no explicaría la asimetría temporal, pues la primera sería simplemente una manera de referirnos a la segunda.

⁴¹ Reichenbach (1999).

⁴² Price (2009).

⁴³ Hume, D. (1978), 1.3.14.31, pág. 167.

Sin embargo, la postura de Hume enfrenta algunos problemas importantes. El primero y tal vez uno de los más relevantes para lo tratado en este capítulo está en que no podemos intentar reducir la asimetría temporal a la causal, pues Hume hace exactamente lo contrario. Por otro lado, Hume no va a dejar espacio a la posibilidad de que existan procesos causales simétricos o incluso retrocausales, en donde el efecto precede a la causa. No son pocos los pensadores que se han planteado la posibilidad de este tipo de procesos, dentro de los que podemos destacar, sólo por mencionar a algunos, a Phil Dowe, David Lewis, John Earman, Paul Horwich y el ya mencionado Huw Price⁴⁴. Por estos y otros problemas asociados es que muchos enfoques diferentes se le han dado al problema de la causación, cuestión que será abordada en el capítulo 8.

Ahora bien, mencionamos anteriormente que algunos autores han intentado dar cuenta de la asimetría temporal a partir de la asimetría de la causación. Dentro del trabajo de Reichenbach, podemos encontrar distintos enfoques sobre la asimetría temporal. En uno de ellos, Reichenbach plantea reducir la dirección temporal de una región espacio-temporal determinada a la dirección más común de incremento de la entropía de entre múltiples sistemas aislados en esa región. En otras palabras, en un primer enfoque Reichenbach propone reducir la asimetría temporal a la asimetría de la termodinámica, tal y como vimos anteriormente. Otro de los enfoque dado por Reichenbach, el que ha sido mayormente discutido de su libro *The Direction of Time*, apunta a que la dirección del tiempo es reducible a la dirección causal en un nivel macroestadístico. Tal vez el punto más relevante de la propuesta de Reichenbach radica en que, dado su intento de reducción de la flecha del tiempo a la flecha de la causación, es que él intenta dar una versión de la causación que vaya acorde con las leyes de la física. Y dado que, tal y como habíamos hecho notar anteriormente, la causación no está asociada necesariamente a magnitudes físicas, Reichenbach va a introducir para la causación física el concepto de 'marca', algo físico que se preserva desde el inicio de un proceso causal hasta su finalización. Esta intuición ha sido refinada por otros autores como Wesley Salmon y posteriormente por Phil Dowe en el desarrollo de la idea de causación física.

En el capítulo 7 nos concentraremos especialmente en el problema de la causación, pero en este punto podemos mencionar que tenemos dos problemas importantes frente a esta flecha temporal. Primero, y a pesar de los intentos de modelar la causación física, algunos físicos insisten en que ésta no forma parte del mundo de la física, no al menos en una primera instancia, lo que ha llevado a algunos

⁴⁴ Tratamos el tópic de la retrocausación de manera más extensa en el capítulo 9.

científicos a descartarla como candidato para fundar la flecha temporal. Un caso icónico de esto lo podemos encontrar en el físico Stephen Hawking, quien critica la propuesta de Reichenbach apuntando a que en física no se puede hablar siquiera de la existencia de la flecha asimétrica de la causación, pues Hawking va a considerar que cualquier intento de modelar una noción de causación física que vaya acorde con el estado de la física debe necesariamente ser deducida a partir de leyes deterministas, las que son simétricas. Hawking se refiere a la propuesta de Reichenbach en los siguientes términos:

Pone gran énfasis en la causación, en distinguir la dirección de avance del tiempo de la dirección inversa. Pero en física creemos que hay leyes que determinan la evolución del universo singularmente. Así, si el estado A evoluciona al estado B, uno podría decir que A causó B. Pero de igual manera podría uno verlo en la otra dirección del tiempo, y decir que B causó A. Así que la causación no define la dirección temporal⁴⁵.

Esto va a poner en evidencia, adicionalmente al hecho de que Hawking piensa que puede hablar en nombre de toda la física y de que no ha trabajado el tema de la causación seriamente, que el problema de las leyes simétricas frente a las distintas flechas causal sigue estando presente acá, tal y como también lo estaba en lo referente a la flecha de la termodinámica.

El segundo problema que podemos encontrar frente a la asimetría de la causación radica en lo compleja que es la noción misma de 'causación', pues, como veremos más adelante, normalmente existen muchas cosas diferentes a las que nos referimos cuando nos referimos a la causación. Esto parece evidenciar que el rol de los hablantes va a ser relevante cuando hablemos de causación, lo que por otro lado, podría ser considerado en cierta medida como una ventaja en el sentido en que esto nos permitiría efectivamente capturar el componente antropocéntrico planteado en las características señaladas por Eddington.

Dejando por el momento el problema de la causación, en los siguientes capítulos intentaremos mostrar que el aspecto antrópico presente en nuestro concepto de tiempo ha sido apropiadamente explicitado en el trabajo del lingüista George Lakoff y el filósofo Mark Johnson, quienes presentan una modelización del tiempo a partir de metáforas conceptuales y metonimia en su libro *Philosophy in the Flesh*. El programa de Lakoff y Johnson respecto al tiempo en las ciencias se presenta como un buen candidato no sólo para modelar el concepto mismo de tiempo, sino que además logra capturar el

⁴⁵ Hawking (1994), pág. 346.

aspecto antrópico presente en él que es mencionado por Price, Eddington y Reichenbach, entre otros. Adicionalmente, este programa permitiría explicar las dificultades que tenemos para poder aceptar conceptos poco intuitivos obtenidos en algunas áreas de la física, como la no-localidad. De este modo podemos explicar desde la cognición humana algunos de los resultados poco intuitivos de la mecánica cuántica. Básicamente, proponemos reducir la asimetría temporal al origen cognitivo del concepto tiempo, evitando tener que postular un tiempo asimétrico presente en el mundo.

Tomando esto en cuenta, en el próximo capítulo analizaremos parte de la propuesta de cognición corporeizada presentada por George Lakoff y Mark Johnson. Específicamente nos concentraremos en cómo a partir de la cognición corporeizada podemos generar un concepto de tiempo que capte las consideraciones antrópicas mencionadas por Huw Price. Adicionalmente intentaremos mostrar que en la base de la construcción del concepto de tiempo están las características que le atribuimos al tiempo mismo, lo que será relevante para algunas discusiones de la física que analizaremos más adelante.

3. Metáforas cognitivas y el tiempo

En el capítulo anterior analizamos el problema de la asimetría temporal y de cómo ésta se ha presentado de manera problemática para la ciencia y la filosofía. Presentamos algunas de las posturas filosóficas involucradas con el problema del fluir del tiempo, el que se relaciona estrechamente con la discusión sobre la asimetría temporal. Luego, revisamos cómo es que el problema de la flecha temporal ha sido tratado por la ciencia y analizamos algunas las distintas asimetrías que han sido propuestas como candidatas para fundamentar la flecha temporal, dentro de las que destacamos la flecha de la causación.

En este capítulo presentamos la propuesta del lingüista George Lakoff y del filósofo Mark Johnson, quienes a través de su trabajo en el área de la cognición corporeizada han logrado, a nuestro parecer, capturar algunos puntos relevantes de la construcción del concepto de tiempo ligado a las ciencias. Para esto, en este capítulo nos concentramos específicamente en la descripción de la propuesta de cognición corporeizada de Lakoff y Johnson, para luego en el capítulo siguiente abocarnos al análisis específico del concepto de tiempo desde la cognición corporeizada.

Cognición corporeizada

La cognición corporizada es una postura en filosofía principalmente en filosofía de la mente y ciencias cognitivas que considera que el cuerpo de un individuo está profundamente involucrado en los procesos cognitivos de dicho individuo. Esto quiere decir que las características físicas propias del individuo, más allá de su constitución cerebral, juegan un rol constitutivo en el procesamiento cognitivo.

En esta línea de investigación podemos encontrar la colaboración de distintas áreas de

investigación, las que van desde la filosofía, la lingüística, las ciencias cognitivas hasta incluso la investigación desarrollada sobre inteligencia artificial. Dentro de los autores que destacan por sus aportes a la investigación sobre cognición corporeizada podemos encontrar a Francisco Varela, Evan Thompson, y Eleanor Rosch; a Andy Clark y a los antes mencionados George Lakoff y Mark Johnson.

Específicamente en el caso de la propuesta de cognición corporeizada de Lakoff y Johnson, el punto central está en que todos los aspectos de la cognición humana están directamente ligados a algún aspecto de nuestro cuerpo, incluyendo aquellos aspectos cognitivos de alto nivel como los conceptos o las categorías, e incluso las tareas cognitivas complejas como los razonamientos o los juicios. Ahora bien, debido al rol que juega el cuerpo, también van a estar involucradas en nuestra cognición las experiencias que se obtienen a partir del cuerpo, como la interacción entre éste y el ambiente, incluyendo todo nuestro sistema motor y nuestro sistema perceptual. Adicionalmente, la propuesta de Lakoff y Johnson propone que gran parte de nuestros conceptos abstractos están sujetos a metaforización, la cual es parte de la naturaleza humana. A modo de resumen, las tesis generales son las siguientes:

- a) La experiencia cognitiva está organizada en categorías: Lo básico es la experiencia corpórea.
- b) La razón no es completamente consciente, sino que en su mayor parte ésta opera a nivel inconsciente.
- c) Las categorías se forman a partir de la experiencia corpórea.
- d) A partir de la corporeización se generan conceptos más abstractos y sutiles mediante la habilidad imaginativa de la razón, principalmente de la estructuración metafórica.

A partir de la postura de Lakoff y Johnson se desprenden algunas consecuencias relevantes para nuestra investigación. Según estos autores, y a partir de lo antes planteado, para poder entender la razón humana en general, es necesario entender a cabalidad los detalles de nuestro sistema visual, nuestro sistema motor y los mecanismos generales de los enlaces neuronales de nuestro sistema nervioso, pues

ellos consideran que la estructura misma de la razón proviene de los detalles de nuestra corporeización, y son los mismos mecanismos neuronales y cognitivos que utilizamos para percibir y movernos los que crean nuestro sistema conceptual. Por esto es que Lakoff y Johnson no van a considerar a la razón como algo desligado o ajeno al cuerpo como podría plantearse bajo la idea dualista de persona cartesiana, sino que ésta estaría moldeada por las particularidades de nuestros cuerpos, por nuestra estructura neuronal y por nuestras experiencias con el mundo.

De esto último se sigue también que la capacidad de razonar es producto de la evolución, como una manera de hacernos más aptos para sobrevivir. La razón se transforma entonces en una herramienta más de supervivencia que, tomando otras formas, dadas las particularidades de cada especie, se encuentra presente en otros animales. En este sentido es que Lakoff y Johnson se refieren a que la razón es evolucionaria⁴⁶, pues, en contra de la clásica definición aristotélica del humano como animal racional⁴⁷ en donde ésta nos separa del resto de los animales, bajo esta concepción la razón es un puente de continuidad con ellos.

En esta misma línea, otra de las consecuencias generadas a partir de los preceptos básicos de la postura de Lakoff y Johnson es que, contrario a la postura tradicional kantiana, la universalidad de la razón surge de que tenemos cuerpos y experiencias en común, de que nuestra base biológica es la misma y que, por lo tanto, nuestro acceso al mundo, nuestra relación con el medio, es en gran medida la misma. Los aspectos que parecen ser universales de la razón no vienen dados porque ésta sea universal y trascendente al cuerpo, y en este sentido, la razón no es totalmente (o realmente) universal, lo que quedará en evidencia más adelante al considerar cómo es que varían algunos sistemas conceptuales. Sin embargo se debe destacar que estas variaciones, haciendo hincapié en lo antes mencionado, no nos permiten caer en relativismo en lo que respecta a nuestros conceptos, ni nos van a llevar a considerar que todos los significados son históricamente contingentes, justamente por la base biológica y experiencial que compartimos. Lakoff y Johnson hablan específicamente de la existencia de cierto *grado de relatividad conceptual*⁴⁸ que efectivamente existe, y que si bien esto parte forma importante de nuestras estructuras cognitivas, debemos tener en cuenta que éstas están basadas en la experiencia corpórea compartida.

⁴⁶ Lakoff y Johnson (1999), pág. 3.

⁴⁷ Aristóteles, *Política*, VII,12,1332 -b. y Aristóteles, *Política*, I, 1, 1253.

⁴⁸ Lakoff y Johnson (1999), pág. 6.

El inconsciente cognitivo

Uno de los resultados más importantes en ciencia cognitiva es haber descubierto el hecho de que la mayor parte de nuestros pensamientos son inconscientes. En este trabajo entendemos por ‘inconsciente’ no a cuestiones de represión freudiana, sino a que nuestros pensamientos operan bajo el nivel de consciencia cognitiva, y por lo tanto, la mayor parte de nuestros pensamientos ocurren demasiado rápido como para poder focalizarnos en ellos de modo que nos sean accesibles. Esto lo podemos notar al hacer explícito todo lo que se requiere cognitivamente para poder participar en una simple conversación, en donde tenemos que estar accediendo a nuestros recuerdos, comprendiendo el sonido de la voz de los interlocutores como parte de un lenguaje, asignando estructuras a las afirmaciones acorde con las construcciones gramaticales del lenguaje que usamos, escogiendo palabras y significados apropiados al contexto, dándole sentido semántico y pragmático a las afirmaciones como un todo, planeando una respuesta y un gran número de acciones adicionales que normalmente ocurren bajo el nivel consciente⁴⁹. Podemos notar que hay una larga serie de tareas de mayor y menor complejidad que ejecutamos de manera automática y que normalmente quedan fuera de la consciencia, y muchas veces esto no sólo se limita a que nos demos cuenta o no de la ocurrencia de cierto proceso, sino que incluso Lakoff y Johnson afirman que gran parte de estas tareas son simplemente inaccesible a nuestra consciencia y quedan fuera de nuestro control.

Una vez aclarado lo que se entiende por inconsciente, pasemos ahora a notar cuál es la noción de cognitivo al hablar de inconsciente cognitivo. Por cognitivo consideraremos, tomando la definición utilizada en ciencias cognitivas, cualquier proceso o estructura mental que pueda ser estudiada de manera sistemática. Lakoff y Johnson destacan que la gran mayoría de los procesos mentales son de hecho inconscientes, y mencionan como ejemplo el procesamiento visual y el procesamiento auditivo, pues en ninguno de estos dos casos somos conscientes de cada uno de los procesos neuronales que ocurren en el conjunto de operaciones que hacen posible el procesamiento visual y el procesamiento auditivo. Otro ejemplo que podemos utilizar es el uso del lenguaje o del pensamiento (entendido de como lenguaje interno), pues si bien tenemos acceso consciente a una buena parte de este, una enorme parte de los procesos utilizados para poder hacer uso de éste nos son totalmente inconscientes, como habíamos ejemplificado anteriormente en el caso de la conversación. De este modo, el uso del concepto

⁴⁹ Este listado claramente no es exhaustivo, pues hay muchas más operaciones cognitivas que ocurren mientras se tiene una conversación. Sin embargo, para este caso basta con lo ya expuesto.

‘inconsciente cognitivo’ en Lakoff y Johnson se va a dar de manera amplia describiendo cualquier operación o estructura mental que ocurra de manera inconsciente que involucren sistemas conceptuales, significado, inferencia y lenguaje.

En este sentido, la existencia del inconsciente cognitivo va a poner sobre la mesa a la reflexión filosófica misma, considerando ésta como parte del lenguaje y del pensamiento, pues la reflexión filosófica no estaría exenta de la serie de procesos inconscientes postulados por Lakoff y Johnson (y por gran parte de las ciencias cognitivas). De este modo, muchos de los conceptos que utilizamos en la reflexión filosófica pueden ser reconsiderados si tomamos en cuenta al inconsciente cognitivo, lo que conlleva una tarea no menor. El inconsciente cognitivo incluye operaciones cognitivas automáticas, pero también incluye conocimiento implícito, pues veremos cómo en esta propuesta éste está enmarcado en términos de sistemas conceptuales que están fundados en el inconsciente cognitivo. Este punto va a ser de suma importancia para el desarrollo de esta investigación, pues será a partir de aquí que plantearemos un nuevo análisis de nuestras concepciones del tiempo aplicadas tanto a la filosofía como a las ciencias.

Ahora bien, veremos más adelante, en los capítulos 4, 6 y 7, que dicho análisis de la noción de tiempo incluirá la revisión de otros conceptos centrales, como la causación, los eventos e incluso el análisis básico de la aritmética desde la idea de la cognición corporeizada. Veremos cómo es que en estos casos (aunque no limitándose a ellos), Lakoff y Johnson proponen que el inconsciente cognitivo hace uso de metáforas para definir una suerte de metafísica subyacente, y que sin estas metáforas, se vuelve virtualmente imposible realizar cualquier tipo de metafísica.

Cerebro y mente

Por supuesto, el punto de Lakoff y Johnson se sigue sosteniendo para los casos de experiencias fundacionales o experiencias primarias, considerando como tales todas aquellas experiencias que no tienen que ver con cuestiones conceptuales y que se dan en los primeros años de vida (incluyendo los primeros minutos de vida y probablemente también cualquier tipo de experiencia previa al parto) y asociadas a la formación del entramado neuronal inicial de la que se hablará más adelante en este

mismo capítulo.

Las categorizaciones y conceptualizaciones que realizamos, no serían, dentro de lo planteado por Lakoff y Johnson, una cuestión de orden meramente intelectual que ocurre por medio de una pretendida abstracción a partir de la experiencia. En el caso de estos autores, la categorización vendría dada ya a un nivel neuronal, pues estas estructuras mentales que reconocemos no serían sino estructuras neuronales. Las categorías humanas son típicamente conceptualizadas de más de un modo en términos de prototipos, y son estos prototipos los que estarían asociados a estructuras neuronales. La manera en la que estos prototipos pueden obtenerse y operan a nivel neuronal ha sido presentada de excelente manera en forma de modelo en simulación computacional en el trabajo de Miguel Fuentes y Hernán Miguel sobre cuencas conceptuales⁵⁰.

Vale la pena destacar cómo es que el trabajo de Fuentes y Miguel hace fuerte uso de una metáfora espacial para poder modelar la generación de conceptos. Sin embargo, el modelo topográfico que presentan apunta sus bases a un nivel neuronal. Aun siendo un modelo de simulación computacional, se inspira en los paisajes de atractores de redes neuronales artificiales, rescata los resultados del *priming* estudiado en neurociencias, da cuenta modelísticamente de los comportamientos patológicos de sujetos adictos al juego⁵¹ y sería totalmente compatible con el conexionado de las neuronas reales y por lo tanto es una modelización que podría dar cuenta de operaciones que tienen lugar en las estructuras neuronales del cerebro. Un modelo diferente, pero similar, es el que presentan Lakoff y Johnson, en donde también se hace uso de la metáfora espacial, pero esta vez no en términos de un paisaje, sino que en términos de contenedores, en donde un concepto es menos prototípico en la medida en que contienen a otro más prototípico.

Las categorías en este sentido son una cuestión de grados, y estas escalas se basan en casos extremos, casos normales y casos no-tan-apropiados. De la misma manera, el modelo de cuencas de Fuentes y Miguel va a considerar que el caso normal o prototípico se encuentra en la zona profunda de la cuenca, y a medida que nos alejamos de esa zona hacia las zonas más altas, vamos encontrando los casos extremos y finalmente los casos dudosos o no-tan-apropiados. Una característica muy valiosa del modelo de cuencas es que en la medida en que nos enfrentamos a diferentes casos, las cuencas pueden ir modificándose por la experiencia y por la regularidad con la que nos encontremos cierto tipo de

⁵⁰ Fuentes y Miguel (2013).

⁵¹ Fuentes *et al.* (2014).

casos, de modo que un caso que podría parecer extremo en un principio puede terminar transformándose en un caso prototípico más tarde si es que la frecuencia de aparición de éste es muy alta.

Pensemos el siguiente caso con un concepto muy sencillo. Tengo una raza de sabueso considerada como prototípica por mí, porque, por ejemplo, en mi casa me he criado con un sabueso de esta raza en particular. Para nuestro ejemplo, el sabueso sería un *otterhound*, un perro rastreador de nutrias que no es muy conocido y que de hecho se encuentra en peligro de extinción, pero que para las circunstancias del caso sería el caso prototípico de sabueso por la experiencia vivida. Ya que el *otterhound* se encuentra en el fondo de la cuenca, todos los otros sabuesos se van a encontrar en los alrededores. Con esto, cada vez que alguien se refiera a un sabueso, yo pensaré en el *otterhound* como primera opción, con ciertas variaciones y con cierto rango de movilidad (lo que permite que el concepto no sea un concepto rígido en el sentido probabilístico, aunque podemos hallar conceptos con estas características). Sin embargo, en la medida en que salgo de la casa en la que me he criado y comienzo a conocer otros tipos de sabuesos (hay una enorme variedad de estos), puedo comenzar a notar que hay otros sabuesos más comunes, con lo que la cuenca se va pronunciando esta vez alejada del *otterhound*. De esta manera, mi caso normal deja de serlo y comienza a perder su 'prototipicidad', dejándole su lugar, por mencionar un tipo de sabueso, al *bloodhound* (o perro de San Humberto) que es mucho más común y que la mayoría de las personas asocia al concepto 'sabueso'.

Retomando la relación entre las estructuras conceptuales y el cerebro, una de las características principales de la cognición corporeizada es que para esta corriente, las estructuras conceptuales son estructuras neuronales en nuestros cerebros, no son meros constructos mentales. Lo que hace que los conceptos sean conceptos es su capacidad inferencial. Esta característica es la habilidad de poder vincularse entre sí de modo tal que se mantengan y se produzcan inferencias. De este modo, las inferencias conceptuales serían, en última instancia, inferencias sensoriomotoras. Si efectivamente esto es así, no habría una separación radical entre las habilidades racionales y el sistema sensoriomotor. Esto implica además que las categorías no serían independientes de los humanos, y por lo tanto, la realidad no viene dividida en categorías. Lo mismo se sigue para los conceptos, los que no serían trascendentales en el sentido que dependen de nuestros cuerpos, cerebros y experiencias, y no caracterizan por tanto a una realidad externa objetiva.

En esta línea, Lakoff y Johnson van a considerar que los conceptos espacio-relacionales son el núcleo de nuestro sistema conceptual, ya que a partir de estos es que se definirán las inferencias espaciales, y por lo tanto, las inferencias conceptuales. Este tipo de conceptos será central para el desarrollo de nuestro trabajo respecto a la conceptualización del tiempo.

Conceptos espacio-relacionales y esquemas de imagen

Si bien es cierto que los conceptos espacio-relacionales varían entre los distintos lenguajes, todos los lenguajes poseen sistemas de relaciones espaciales. Hacemos uso de los conceptos espacio-relacionales de manera inconsciente, al punto que nuestra percepción está totalmente permeada por estos conceptos. Esto lo podemos notar al destacar la enorme cantidad de actividad mental inconsciente que es necesaria para, por ejemplo, ver un libro sobre un escritorio, ya que esto requiere, dentro de otras muchas cosas, que conceptualicemos los límites o bordes del escritorio como una superficie tridimensional y que localicemos el libro como una figura relativa a la superficie de la mesa. Además, notaremos que toda la escena involucra cierta estructura conceptual, pues el libro va a ocupar el lugar de sujeto, mientras que el escritorio se va a comportar como un escenario en el cual se encuentra el sujeto. De hecho, según George Lakoff y Rafael Núñez⁵², las investigaciones en lingüística cognitiva han mostrado que las relaciones espaciales en un lenguaje dado se descomponen en primitivos conceptuales llamados *esquemas de imagen* y que estas estructuras parecen ser universales en todo humano capaz de utilizar lenguaje. Tomando esto en consideración, ahora podremos reconocer que en nuestro ejemplo, la palabra 'sobre' usada en el sentido de “*El libro está sobre el escritorio*” es un compuesto de tres esquemas de imagen primitivos:

- El esquema encima (*el libro está encima del escritorio*). **Esquema orientacional.**
- El esquema de contacto (*el libro está en contacto con el escritorio*). **Esquema topológico.**
- El esquema de apoyo (*el libro está apoyado en el escritorio*). **Esquema fuerza-dinámico.**

⁵² Lakoff y Núñez (2000), pág. 30.

Si bien la mayoría de las relaciones espaciales son complejas, estas se encuentran compuestas por relaciones espaciales elementales o primitivos, tal y como hemos visto en el ejemplo recién analizado. Uno de los esquemas comunes más importantes en la cognición humana, y que luego nos permitirá desarrollar el cómo se da el traspaso inferencial desde lo sensoriomotor a lo conceptual, es el *esquema de contenedor*⁵³, que es la parte central del significado de palabras como “adentro” y “afuera”. Este esquema está formado a nivel cognitivo por tres partes que se complementan una a la otra de modo que ninguna de ellas tiene sentido por sí sola: interior, exterior y frontera. Ahora, para obtener los esquemas de *Dentro* y *Fuera* no basta sólo con el esquema de contenedor, sino que debemos añadir algo más. El concepto *Dentro* requiere que en el concepto de contenedor, el interior se alce o se active respecto al exterior y la frontera. Además se debe añadir una distinción fondo/figura. En lingüística cognitiva, el fondo en un esquema de imagen es llamado 'hito' (*landmark*) y la figura es llamada 'trayector'. Notamos claramente que este esquema posee una estructura interna interdependiente.

Lakoff y Núñez plantean entonces que los esquemas de imagen contienen una función cognitiva especial, pues se comportan como un “puente” entre el lenguaje y el razonamiento, por un lado, y la visión por el otro, debido a que son tanto conceptuales como perceptuales. Los términos de relaciones espaciales nombran esquemas de imágenes muy complejos como el presentado anteriormente.

Tal y como lo habíamos mencionado anteriormente, una de las principales características que poseen los esquemas de imagen complejos como *Dentro* es que, en virtud de su estructura imagen-esquemática, poseen una suerte de “lógica” inherente. Esta lógica espacial se ve claramente en la figura 3(a), en donde podemos declarar lo siguiente:

- 1.- Dados dos esquemas de contenedor A y B y un objeto x , si A está dentro de B y x está dentro de A, x está dentro de B.

- 2.- Dados dos esquemas de contenedor A y B y un objeto y , si A está dentro de B y y está afuera de B, y está afuera de A.

⁵³ Lakoff y Núñez (2000), pág. 31.

Revisemos con más detalles la fig. 3(a). Ahí el contenedor A corresponde al agua, el contenedor B corresponde al jarro y las esferas corresponden a los objetos x e y . Vemos que no es necesario realizar ningún tipo de operación deductiva para dibujar estas conclusiones, pues estas ya están ahí. Se muestran de modo auto-evidente en (a) gracias a que los esquemas de imagen poseen esta lógica espacial en su estructura misma. Lakoff y Núñez afirman que el razonamiento acerca del espacio parece ser hecho directamente en términos espaciales, usando esquemas de imágenes en lugar de símbolos. Lo interesante está en que no sólo nos debemos limitar al nivel concreto de los contenedores físicos, ya que podemos conceptualizarlos en contenedores conceptuales pasando de la figura 3(a) a la figura 3(b), pero gracias a que los contenedores cognitivos son parte de la mente, esto puede mostrar situaciones que los contenedores físicos no podrían, como se ve en la figura 3(c). Es claro que tenemos en 3(b) un diagrama de Euler y en 3(c) un diagrama de Venn.

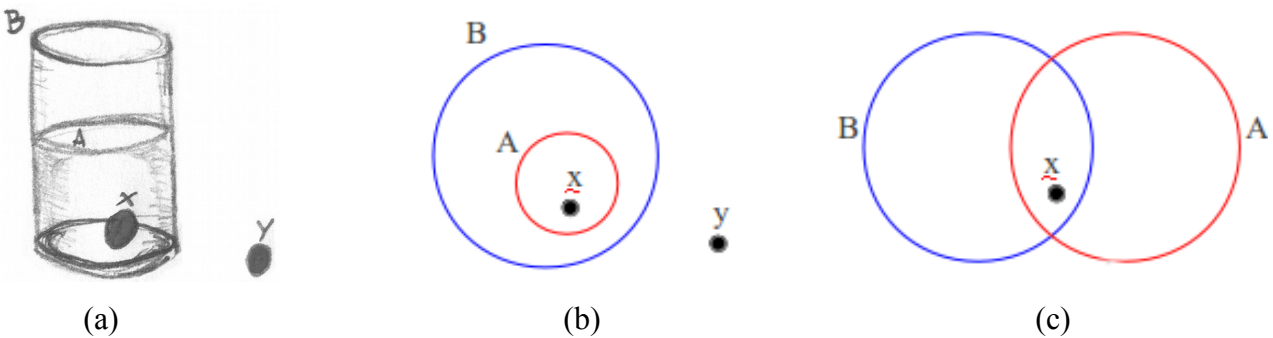


Figura 3

Uno de los puntos principales del trabajo de Lakoff y Núñez se presenta en esta parte, y es que las ideas pueden ser creadas e instanciadas sólo en cerebros. Estas se generan a partir de estructuras neuronales en los cerebros y para que esto ocurra, en nuestra circuitería neuronal deben darse exactamente el tipo correcto de proceso neuronal. Por lo tanto, los esquemas de imagen deben estar asociados a cierta circuitería neuronal en nuestro cerebro. Sin embargo, el cerebro no es la única base biológica, sino que también el resto del cuerpo juega un papel importante en esto. Ellos consideran que la base biológica en este campo que poseemos y que ha evolucionado para variados propósitos es parte inherente al pensamiento abstracto en general. Con esto, podemos sugerir que la lógica que encontramos en los diagramas basados en el esquema de contenedor no existe de manera independiente a otros conceptos corporeizados que utilizamos día a día, de modo que estos diagramas hacen uso de

nuestra capacidad de adaptar otros mecanismos cognitivos para la resolución, por ejemplo, de silogismos o sorites. Por supuesto, esto es aún más profundo, pues implicaría que los mismos silogismos y sorites tienen una base corporeizada, que este tipo de razonamientos están basados en la experiencia y en el cuerpo biológico, y con esto se explicaría en alguna medida el origen de este tipo de razonamientos⁵⁴.

Vale la pena mencionar que el sistema visual del cerebro donde se aloja este tipo de mecanismo neuronal antes mencionado, no está restringido a la visión⁵⁵. Es aquí donde se generan también las imágenes mentales, por lo que esta zona se mantiene activa aun cuando no hay input visual (por ejemplo, cuando soñamos⁵⁶ o en el caso de personas no-videntes⁵⁷). Sumado a lo anterior, el sistema visual está vinculado con el sistema motor a través del córtex prefrontal⁵⁸, y es a través de esta conexión que podemos usar esquemas motores para trazar esquemas de imágenes. Esto es especialmente relevante para poder explicar por qué un no-vidente, a pesar del límite en su experiencia sensorial, podría aprender y entender razonamientos como los silogismos, ya que de todos modos puede “visualizar” a través del tacto los esquemas de imagen, y por qué de todos modos se enfrenta a los esquemas de contenedor constantemente. En este sentido, el esquema de imagen que se forma por la experiencia, no se forma únicamente por la experiencia de la visión, sino que incluye otros tipos de experiencias, como la táctil.

Según Lakoff y Núñez, son muchos los esquemas de imagen que caracterizan conceptos relevantes. Algunos de los que mencionan son: centralidad, cercanía, balance y rectitud, entre muchos otros. Los esquemas de imagen y la lógica que ellos implican, son esenciales también para el razonamiento matemático, lo que abordaremos más adelante (capítulo 6) como un componente relevante de nuestro concepto de tiempo. Existe una gran cantidad de tipos de esquemas de imagen relevantes para el razonamiento, pero nos hemos concentrado en los esquemas de contenedores para ejemplificar el traspaso inferencial al que hacíamos referencia. Es importante destacar que debido a que los esquemas de imagen son conceptuales, pueden alcanzar distintos niveles de complejidad al complementarse con otros esquemas de imagen. De esta manera, dos esquemas simples pueden dar origen a un tercer esquema compuesto por los dos simples. Estos esquemas involucrados pueden

⁵⁴ Sobre el tema, Núñez Pradenas (2015).

⁵⁵ Lakoff y Núñez (2000), pág. 33.

⁵⁶ Hobson (1988).

⁵⁷ Kerr (1983).

⁵⁸ Rizzolatti et al. (1996).

incluso ser del mismo tipo para generar esquemas que anteriormente, debido a las limitaciones físicas y de experiencia, no se podían obtener.

Lo anterior explicaría la posibilidad de generar por ejemplo, diagramas basados en el esquema de contenedor pero de los cuales no sea posible obtener experiencia directa, como lo que ocurre con aquellos diagramas que involucran muchos términos. Nuestras experiencias con los contenedores suele llegar hasta cuatro contenedores, y el motivo por el cuál es muy raro encontrar situaciones con más contenedores radica en nuestra capacidad de manejar dicha información. Podemos entender claramente que si tengo una piedra en mi zapato y mi zapato está en mi cuarto, la piedra está en mi cuarto. De eso tengo experiencia real, pero no tengo experiencia real de por ejemplo, que la piedra esté en la vía láctea, no al menos pasando por todos los contenedores intermedios que me permitirían llegar hasta esta conclusión (zapato, cuarto, departamento, edificio, barrio, ciudad, país, continente, planeta, más todos los contenedores que pueda llegar a pensar). Esto no quiere decir que no pensemos o que no lleguemos a esta conclusión; lo que queremos decir es que vamos llegando pero por etapas, por pasos que involucran un menor número de contenedores, pues el manejo de un gran número de contenedores es más bien conceptual. Cognitivamente 'eliminamos' los contenedores que sobran y nos concentramos en un máximo de cuatro de ellos. Esto podría esclarecer por qué nos es más fácil trabajar con diagramas de pocos contenedores que con diagramas de muchos contenedores, y el por qué perdemos claridad visual global cuando el diagrama involucra demasiados términos. Lo mismo va a ocurrir con otro tipo de conceptos, y en lo que respecta a nuestro concepto de tiempo, estas limitaciones van a jugar un rol muy importante en cómo es que el avance de las ciencias ha permitido que nuestro concepto se desarrolle más allá de nuestra experiencia real de tiempo.

Las metáforas conceptuales

Si bien los esquemas de imagen nos dan algunas pistas sobre cómo operaría la generación de conceptos, existen otras herramientas cognitivas que se suman para esto. Aquí nos enfrentamos a uno de los puntos principales de la teoría de Lakoff y Johnson: Las metáforas conceptuales. Las metáforas, de acuerdo a los autores, no son sólo una manera de hablar o decorar el lenguaje, sino que es la manera básica en la que el pensamiento abstracto se realiza. Desde el punto de vista de las ciencias cognitivas desarrolladas por Lakoff y Johnson, los conceptos abstractos son normalmente entendidos vía

metáforas, en términos de conceptos más concretos. Estas metáforas son verdaderos mapeos, y por lo tanto, no son una cuestión arbitraria, sino que corresponden a un proceso sistemático dentro de ciertos dominios. Un ejemplo de esto es como normalmente conceptualizamos la importancia en términos de tamaño: “*Es un gigante de las telecomunicaciones*”, “*No nos preocupemos por esa pequeñez*”. Vemos como estos ejemplos comparten la misma relación conceptual en lo que a la importancia refiere. A mayor importancia, mayor tamaño, y a menor importancia, menor tamaño. Ejemplos hay muchísimos, algunos de estos pueden ser los siguientes:

- ♣ El afecto es conceptualizado en términos de calor físico. “Aún no hemos roto el hielo”, “Puedes notar la calidez en sus palabras”, “¿Por qué tienes esa actitud tan fría hacia ellos?”

La similitud está conceptualizada en términos de cercanía. “Estos colores son cercanos entre sí”, “El pensamiento de este autor está en las antípodas de este otro”.

Las dificultades son conceptualizadas como cargas. “Estoy sobrecargado de trabajo para esta semana”, “Este seminario es más liviano que el otro”.

- ♣ Las estructuras organizacionales son conceptualizadas como estructuras físicas. “Esta teoría está llena de hoyos”, “El plan propuesto es muy firme, todo calza perfectamente”.

El uso de las metáforas conceptuales es inconsciente y sin esfuerzo alguno por parte del hablante. Estas son automáticas en el discurso diario, lo que demuestra que son parte del inconsciente cognitivo. Estas metáforas se forman naturalmente a través de nuestras experiencias comunes, especialmente aquellas experiencias que tenemos en la infancia. Entender la importancia en términos de tamaño es algo que aprendemos desde pequeños pues las cosas importantes tienden a ser grandes (o al menos más grandes que los niños), como los padres, las casas, los autos, etc. La experiencia del calor está relacionada con el afecto en la mayoría de los casos gracias al cobijo y abrazo de quienes cuidan a los niños. Incluso cuando conceptualizamos nuestro ánimo en términos de altura, como cuando decimos “estoy en una depresión” o “hay que tirar para arriba” podemos trazar el origen de la metáfora a la experiencia infantil de estar en los brazos de los padres (ser levantados). También en el caso de la conceptualización de similitud con cercanía, la experiencia nos muestra desde pequeños que las cosas similares ocurren juntas, como los árboles, las flores, las nubes, etc. Esto no significa que todas las

metáforas conceptuales tengan este origen, pero que las más básicas sí lo tienen. Esto hace que no sea imposible asumir metáforas conceptuales aun cuando haya ciertas experiencias que nunca hayamos tenido.

En gran parte del proceso de generación de una metáfora conceptual básica, lo que ocurre es que realizamos correlaciones inconscientes a partir de nuestra experiencia. A este tipo de correlaciones Lakoff y Núñez les van a llamar *amalgamación* o *conflación*⁵⁹. Las amalgamaciones forman parte de la cognición corporeizada, pues específicamente, una amalgamación es la simultánea activación de dos áreas distintas de nuestro cerebro, ambas relacionadas con aspectos de nuestra experiencia. Un ejemplo de esto utilizado por Lakoff y Johnson es la experiencia física del calor con la experiencia emocional del afecto, lo que nos va a llevar luego a asociar ambas experiencias. En una amalgamación, dos tipos de experiencias ocurren inseparablemente. Es a través de la amalgamación que se desarrollan los vínculos neuronales en el cerebro, vínculos que muchas veces dan como resultado metáforas conceptuales, en la que un dominio es conceptualizado en términos de otro. Esto va a estar directamente relacionado con la capacidad que tenemos de tener experiencias que involucren un número limitado de contenedores.

Todas las metáforas conceptuales tienen la misma estructura. Cada una de ellas es una conexión unidireccional entre unas entidades de un dominio conceptual y otras entidades de otro dominio conceptual. La función principal de las metáforas conceptuales es permitirnos razonar acerca de dominios relativamente abstractos usando la estructura inferencial de dominios relativamente concretos. La estructura de los esquemas de imagen se preserva por medio de un mapeo conceptual metafórico. Notaremos que en las metáforas, el mapeo conceptual cruzado entre un dominio y otro es fundamental, y el lenguaje metafórico es secundario pues de hecho se deriva del mapeo conceptual. Las palabras para los conceptos del dominio de origen se aplican a las del dominio de llegada no por una cuestión estilística o al azar, sino que se aplican sistemáticamente en virtud del mapeo conceptual.

Uno de los ejemplos es el siguiente: La metáfora conceptual de *Los Estados [emocionales] son Lugares*, usada en expresiones como “Estoy en una depresión” o “Él estaba al borde del colapso”. El dominio de origen son las regiones delimitadas en un espacio físico y el dominio de llegada son las experiencias subjetivas de estar en un estado:

⁵⁹ Lakoff y Núñez (2000), pág. 42.

Los estados son lugares

Región delimitada en el espacio

(Dominio de origen)

Si estás en una región delimitada, no estás fuera de esa región delimitada.

Si estás fuera de una región delimitada, no estás en esa región delimitada.

Si estás profundo en una región delimitada, estás muy lejos de estar fuera de esa región delimitada.

Si estás al borde de una región delimitada, estás cerca de estar dentro de esa región delimitada.

Estado

(Dominio de llegada)

Si estás en un estado, no estás fuera de ese estado.

Si estás fuera de un estado no estás en ese estado

Si estás profundo en un estado, estás muy lejos de estar fuera de ese estado.

Si estás al borde de un estado, estás cerca de estar en ese estado.

Vale la pena mencionar que Lakoff y Núñez hacen una distinción entre el nombre del mapeo metafórico y los mapeos metafóricos mismos⁶⁰. Los nombres de mapeos metafóricos se dan en la forma “A es B”, pues, como en el caso anterior, vamos a considerar que los estados son lugares comunes. Sin embargo, el mapeo metafórico mismo tiene la forma “B → A”⁶¹ pues es el dominio de origen el que le está traspasando su estructura inferencial al dominio de llegada.

Estas metáforas son muy comunes en el diario vivir, al punto que una gran parte de nuestro

⁶⁰ Lakoff y Núñez (2000), pág. 43.

⁶¹ Aquí la flecha no es un condicional lógico, sólo muestra la relación entre los distintos dominios respecto al traspaso de estructura.

razonamiento abstracto surge a través de este tipo de mapeos de dominios cruzados. De este modo, gran parte de lo que normalmente es llamado inferencia lógica es de hecho, inferencia espacial mapeada hacia el dominio de llegada de la lógica abstracta, lo que explicaría, entre otras cosas, el uso natural de diagramas basados en el esquema de contenedor. Podemos tomar como base la metáfora común *Los contenedores son categorías*, en donde entendemos las categorías como estar en una región delimitada del espacio y los miembros de esa categoría como objetos dentro de regiones delimitadas del espacio. Si a este mapeo le aplicamos los patrones de inferencia que caracteriza la lógica espacial de los esquemas de contenedor, tenemos el siguiente mapeo:

Inferencias de esquemas de contenedor
(Dominio de origen)

Tercero Excluido

Todo objeto X está o dentro de un esquema de contenedor A o fuera de ese esquema.

Modus Ponens

Dados dos esquemas de contenedor A y B y un objeto X, si A está en B y X está en A, entonces X está en B.

Silogismo Hipotético

Dados tres esquemas de contenedor A B y C, si A está en B y B está en C, entonces A está en C.

Modus Tollens

Dados dos esquemas de contenedor A y B y un objeto Y, si A está en B y Y está fuera de B, entonces Y está fuera de A.

Inferencias de categorías.
(Dominio de llegada)

Tercero Excluido

Toda entidad X está o dentro de una categoría A o fuera de esa categoría.

Modus Ponens

Dadas categorías A y B y una entidad X, si A está en B y X está en A, entonces X está en B.

Silogismo Hipotético

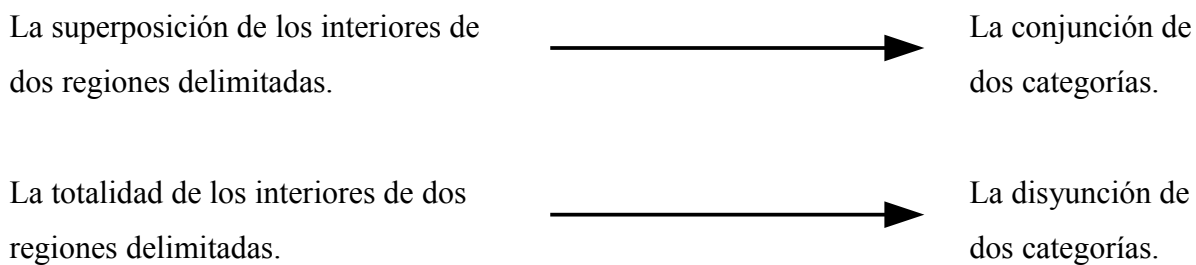
Dadas tres categorías A, B y C, si A está en B y B está en C, entonces A está en C.

Modus Tollens

Dadas dos categorías A y B y una entidad Y, si A está en B y Y está fuera de B, entonces Y está fuera de A.

El punto central aquí está en que la lógica de los esquemas de contenedores es una lógica espacial corporeizada que surge desde la caracterización neuronal de los esquemas de contenedor. El tercero excluido, *modus ponens*, silogismo hipotético y *modus tollens* de las categorías clásicas son aplicaciones de esa lógica espacial, ya que la metáfora *Las categorías son contenedores*, al igual que todas las metáforas conceptuales en general, preservan la estructura inferencial del dominio de origen.

Existen importantes implicaciones que se derivan de la metáfora *Las categorías son contenedores*:



Dadas la lógica espacial de los esquemas de contenedores, la metáfora *Las categorías son contenedores* sostiene una versión *popular* de la lógica booleana, con intersecciones y uniones. Es por esto que los diagramas de Euler y los diagramas de Venn se muestran tan “intuitivos” y naturales. Es claro que existen diferencias entre la lógica booleana *popular* y la lógica booleana técnica, pues la primera surge de mecanismos perceptuales, específicamente, de la capacidad de percibir el mundo en términos de estructuras contenidas. En el siguiente capítulo aplicaremos las principales directrices de la cognición corporeizada a la elaboración del concepto de tiempo con el fin de poder mostrar cómo es que éste está ligado directamente a nuestras experiencias en el mundo físico y cómo es que esto traerá consecuencias de índole metafísicas respecto a nuestras consideraciones sobre el tiempo.

4. Tiempo Corporeizado⁶²

En el capítulo anterior analizamos las principales características de la cognición corporeizada. Más específicamente, vimos cómo la propuesta de cognición corporeizada intenta dar cuenta de algunas de nuestras ideas básicas sobre la mente a través de una relación entre el cerebro humano y las experiencias vividas, dándole especial importancia a cómo es que a través de las experiencias es que se forman las conexiones neuronales que a su vez se identifican con las estructuras conceptuales. Adicionalmente, vimos cómo es que funciona el traspaso inferencial entre dos dominios diferentes, lo que permite poder ir despegándonos de las experiencias para poder alcanzar estructuras conceptuales abstractas. En esta línea es que desarrollamos cómo es que las metáforas conceptuales juegan un papel fundamental, pues precisamente van a permitir este traspaso inferencial.

En el presente capítulo intentaremos aplicar las ideas de la cognición corporeizada a la construcción de nuestro concepto de tiempo, y en particular, a la concepción de tiempo en las ciencias. Analizaremos cuáles pueden ser algunas de las metáforas conceptuales aplicables a dicho concepto y cómo es que las distintas metáforas que utilizamos nos permiten atribuirle diversas características al tiempo, las cuales incluso se presentan como contradictorias entre sí. Además propondremos que éste es el origen de algunas de las discusiones filosóficas clásicas respecto a la naturaleza del tiempo.

Nuestra experiencia del tiempo

Para Lakoff y Johnson, nuestro concepto de tiempo no está construido a partir de nuestras concepciones conscientes del tiempo, sino que se construye en gran medida a través mecanismos cognitivos inconscientes, como los analizados en el capítulo anterior. De la misma manera en que lo están otros conceptos abstractos, el concepto de tiempo, según Lakoff y Johnson, está construido a

⁶² Una versión preliminar de este capítulo fue publicada en Núñez Pradenas (2013).

partir de varias herramientas cognitivas, pero destacaremos principalmente la metonimia y las metáforas. Esto es muy relevante, pues de acuerdo a estos autores, nuestro entendimiento del tiempo es relativo a nuestro entendimiento de otros conceptos, como lo son el movimiento, el espacio y los eventos.

Anteriormente desarrollamos el concepto de metáforas cognitivas, de modo que ahora nos concentraremos en explicar la metonimia. Ésta ocurre cuando tratamos un concepto con otro nombre que no es el propio de ese concepto. Esto funciona por contigüidad entre dos conceptos, los que se asocian el uno con el otro. Ejemplos de metonimia pueden ser “El Departamento de Filosofía emitió un comunicado al respecto”, en donde por asociación se utiliza “El Departamento de Filosofía” en lugar de “El director del departamento y el consejo asesor”. En la metonimia no hay una intención directa de conectar ambos conceptos más allá de la asociación ya presente. Esto la distingue de las metáforas, ya que una metáfora es una conexión unidireccional entre entidades de un dominio conceptual y entidades de otro dominio conceptual. La función principal de las metáforas conceptuales es permitirnos razonar acerca de dominios relativamente abstractos usando la estructura inferencial de dominios relativamente concretos, como cuando razonamos acerca del afecto en términos de temperatura (por ejemplo, "Esta persona es muy fría", "Son gente muy cálida"). Tal y como vimos anteriormente, la estructura inferencial de los esquemas se preserva por medio de un mapeo conceptual metafórico. En las metáforas, el mapeo conceptual cruzado entre un dominio y otro es fundamental. Por su parte, el lenguaje metafórico es secundario, pues de hecho se deriva del mapeo conceptual. Las palabras para los conceptos del dominio de origen se aplican a las del dominio de llegada no por una cuestión estilística o al azar, sino que se aplican sistemáticamente en virtud del mapeo conceptual. Por otro lado, en la metonimia la relación es mucho más simple y directa, pues simplemente hay una utilización de nombres cambiada, sin que esto involucre la conexión inferencial de la metáfora. Lo que tenemos en estos casos es un desplazamiento semántico a través de alguna relación semántica de algún tipo, la que puede variar desde contigüidad, relación lógica, causa y efecto, o incluso simple asociación continua, por mencionar algunas. En última instancia, lo más relevante en la metonimia es el lenguaje utilizado. En la metonimia, perfectamente podríamos volver a reescribir una frase reemplazando el concepto por el nombre del objeto original al que queremos referirnos sin perder ni ganar nada (más allá del ahorro de palabras, como en el ejemplo del Departamento de Filosofía).

A partir de lo visto anteriormente, consideraremos que el concepto de tiempo se construye con las herramientas cognitivas antes mencionadas, al igual que otros conceptos abstractos. Ahora bien, específicamente para el concepto de tiempo, éste parece estar especialmente ligado al concepto de evento. La relación es inevitable: La observación de eventos, y por lo tanto de cambio, parece ser nuestro verdadero acceso al tiempo. En primera instancia parece que no hay acceso al tiempo directamente, sino que es a través de los eventos en que nos referimos al tiempo. La manera más común de notar esto está en nuestra manera de medir el tiempo. Cada instrumento para medir el tiempo depende de la repetición de ciertos eventos, ya sea del paso del sol en el caso de los relojes solares que nos permiten medir el tiempo con la sombra, o del movimiento regular de un péndulo en el caso de los relojes de péndulo, o del paso del agua o arena de un recipiente a otro en el caso de la clepsidra. Incluso nuestros métodos de medición del tiempo más precisos dependen de la liberación repetida y regulada de partículas subatómicas. En este punto podemos hacernos la siguiente pregunta: ¿Puede haber tiempo sin cambio? Existen algunos filósofos que están dispuestos a dar una respuesta afirmativa a esta pregunta. Tal vez la respuesta más conocida es la dada por Sidney Shoemaker, quién en su trabajo "Time Without Change" (1969) argumenta a favor de la posibilidad de que existan periodos de tiempo vacíos o sin cambio. Este punto será tratado en profundidad en el próximo capítulo.

No tenemos acceso directo al tiempo por sí solo, al tiempo mismo. No vemos el tiempo pasar, vemos como los eventos ocurren. Observamos y comparamos eventos entre sí, y nuestra medida de tiempo se basa en comparar un evento cualquiera con eventos que se repiten regularmente, como el movimiento de las manecillas del reloj. Esto es básicamente lo que ocurre con todos nuestros métodos de medición temporal, desde los cambios de estaciones hasta el pasar del sol por el cielo: Utilizamos estos eventos como unidad de comparación con otros eventos, para luego generar una escala de medición. En gran medida, lo que ocurre es que definimos el tiempo por metonimia, en donde reemplazamos "tiempo" por repeticiones sucesivas de un tipo de evento. A partir de la metonimia tiempo-eventos obtenemos algunas de las propiedades literales básicas que, en principio, le atribuimos al tiempo. Estas propiedades no son otras que las propiedades que, a juicio de Lakoff y Johnson, le atribuimos en una primera instancia a los eventos (no pensados como tipos de eventos, sino como eventos particulares):

El tiempo es direccional e irreversible, como los eventos.

- ⤴ El tiempo es continuo, pues tenemos experiencia de eventos continuos
- ⤴ El tiempo es segmentable, pues los eventos periódicos tienen principio y final.
- ⤴ El tiempo puede ser medido, pues las iteraciones de eventos pueden ser contadas.

Lakoff y Johnson hacen hincapié en que lo que es literal e inherente acerca del dominio conceptual del tiempo es que está caracterizado por la comparación de eventos. Nuestra experiencia real del tiempo depende de nuestra conceptualización corporeizada de tiempo en términos de eventos. En este sentido, no estamos entonces negando la existencia de la experiencia del tiempo, sino que afirmamos que esta experiencia no tiene por qué estar ligada a una entidad tiempo independiente de los eventos y de los sujetos de experiencia. Esto revela que la conceptualización no siempre es posterior a la experiencia, dado que la conceptualización misma está corporeizada.

Vale la pena destacar que las propiedades anteriormente atribuidas al tiempo no son necesariamente las características que se le atribuyen al tiempo desde la física, sino específicamente las que le atribuimos al tiempo desde nuestra experiencia en el mundo. Por supuesto, existe una relación entre esta experiencia y la fundamentación la magnitud tiempo usada en la física, pero el desarrollo y justificación de la magnitud es posterior. En física, el tiempo va a estar asociado directamente a la medición, y por lo tanto, a la generación de una escala de tiempo, y en este sentido, el problema en física se va a concentrar, en una primera instancia en la última de las características antes presentadas. Rudolf Carnap, al explorar los fundamentos filosóficos de la física, propone un esquema de tres elementos necesarios para poder formar una escala temporal⁶³. Estos elementos son, primero, la regla de aditividad, que nos permite sumar las duraciones de eventos adyacentes. Luego tenemos la regla de unidad, la que nos va a permitir definir una unidad temporal y que se desarrolla a partir de procesos periódicos, iteraciones de eventos de un mismo tipo, como el movimiento de un péndulo o la rotación de la tierra. Por supuesto, esta elección es arbitraria y, de hecho, en la historia de la humanidad se han usado muchos “eventos metro” en distintos periodos y culturas (en la actualidad se utiliza la oscilación del átomo de cesio de acuerdo al sistema internacional de medidas). La tercera regla es la regla de la igualdad, que va a estipular que dos intervalos de tiempo son iguales si contienen la misma cantidad de unidades temporales.

⁶³ Carnap (1966), capítulo 8.

Ésta última regla está estrechamente ligada con la regla de unidad, y nos lleva a un problema de suma importancia, y es justamente el problema de la arbitrariedad de la elección del “evento metro”. Para elegir un “evento metro”, necesitamos un proceso periódico. Sin embargo, no todo proceso periódico nos sirve, no nos basta con un evento que simplemente se repita, necesitamos un evento que se repita y que además sus intervalos temporales sean iguales. Pero si no tenemos de antemano una escala, no podemos saber efectivamente si es que los intervalos temporales son iguales. A juicio de Carnap, este problema no tiene una solución a priori, y no tenemos más opción que buscar procesos periódicos, compararlos entre sí para poder ver si ambos procesos son equivalentes o no lo son. De esta manera vamos perfeccionando nuestras escalas temporales a partir de la observación.

Metaforización del tiempo.

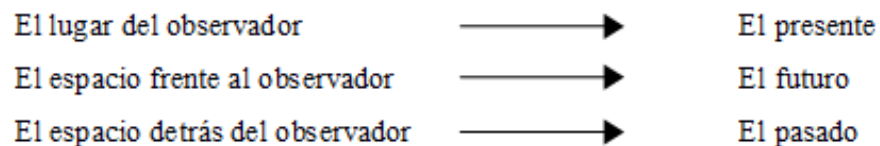
Dado lo complejo de nuestro concepto de tiempo, éste no puede ser conceptualizado solo a través de la metonimia. Otro de los mecanismos cognitivos que nos permiten conceptualizar el tiempo son, tal y como lo mencionamos anteriormente, las metáforas conceptuales.

La mayoría de nuestro entendimiento sobre el tiempo, según Lakoff y Johnson, es una versión metafórica de nuestro entendimiento del movimiento en el espacio. Esto es importante, pues incluso a nivel neuronal, tenemos un área especializada en nuestro cerebro para detectar movimiento, no así en el caso del tiempo. Es cierto que existe algo parecido a un "reloj cerebral", ya que varias veces durante cada segundo, un pulso eléctrico recorre el cerebro⁶⁴, pero eso, aparte de ser un mismo tipo de evento que se repite regularmente, no está ligado a nuestro acceso epistémico al tiempo (ni siquiera tenemos un real acceso personal a este "reloj cerebral", no tenemos experiencia directa de él). No tenemos un área en nuestros cerebros que nos permita detectar el tiempo global. Podríamos incluso afirmar que en la experiencia cotidiana, detectamos el tiempo exclusivamente medida gracias al movimiento, pero esta detección es mucho más compleja y podría involucrar algunos cambios de estado personales que no necesariamente están ligados al movimiento, eventos que involucran necesidades biológicas como dormir o comer. Vale la pena destacar que de todos modos estos últimos tipos de eventos también pueden ser usados como eventos con ciclos, irreversibles, continuos y contables.

⁶⁴ Lakoff y Johnson (1999), pág. 138.

Se puede afirmar entonces que, al menos a nivel neuronal, el movimiento es anterior al tiempo. Pero a su vez, y en gran medida como consecuencia de esto, el movimiento también es anterior al tiempo a nivel cognitivo, ya que, según Lakoff y Johnson, el tiempo es conceptualizado metafóricamente en términos de movimiento. De manera diferente se dan las cosas en física, en donde el movimiento es definido en términos de cambio de posición a través del tiempo, o comparando un movimiento con otro.. Más adelante analizaremos en detalle el esquema de imagen específico que permite hacer el traspaso inferencial entre el movimiento y el tiempo.

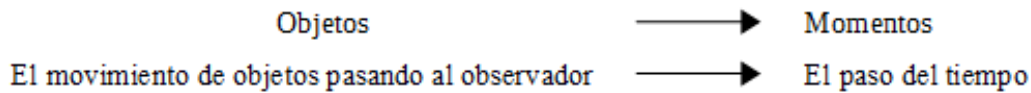
Son varias las metáforas que podemos ligar al tiempo. Una de las metáforas básicas es la metáfora de orientación temporal, y su estructura tiene como dominio de origen el espacio. Esto es bastante claro, pues efectivamente nos referimos cotidianamente al tiempo como si estuviésemos hablando de una dimensión espacial más. La estructura básica de esta metáfora es la siguiente:



Podemos encontrar varias expresiones lingüísticas asociadas a esta metáfora, como por ejemplo, "esa etapa de mi vida quedó atrás", "frente nuestro nos espera un brillante porvenir", o "ya veremos más adelante". En estos ejemplos se hace evidente el 'uso espacial' del tiempo. La metáfora de la orientación nos da acceso a la asimetría temporal, pues hace una distinción inmediata entre pasado y futuro. Pero no podemos construir el concepto de tiempo solo con esta metáfora, pues para conceptualizar el tiempo de buena manera necesitamos de metáforas que tengan al movimiento en su dominio de origen, pues, como veremos, esto va a formar parte esencial de nuestro concepto de tiempo. Para esto, podemos considerar o bien que el observador está quieto mientras el tiempo se mueve, o que es el observador el que se mueve a través del tiempo. Para el primer caso, Lakoff y Johnson presentan la metáfora del tiempo en movimiento y su variación, la metáfora del tiempo como sustancia. Para el segundo caso, la metáfora que presentan es la metáfora del tiempo como paisaje.

La metáfora del tiempo en movimiento está ligada a un esquema espacial específico en donde hay un solo observador que está quieto mirando en una dirección fija y una secuencia indefinida de objetos se mueve desde el frente del observador hasta atrás de él. El esquema básico de esta metáfora

es el siguiente:



Ejemplos lingüísticos de esta metáfora los encontramos en expresiones como "Llegó el momento", "Pasó mi turno" o "Ya vendrán tiempos mejores", "Lo dejamos para la semana que viene", "Espero que las vacaciones lleguen pronto". En estos ejemplos se muestra claramente el cambio del movimiento, pues en la metáfora el movimiento estaba en el observador, mientras que ahora el observador permanece quieto y son los objetos los que se mueven (en este caso, el tiempo).

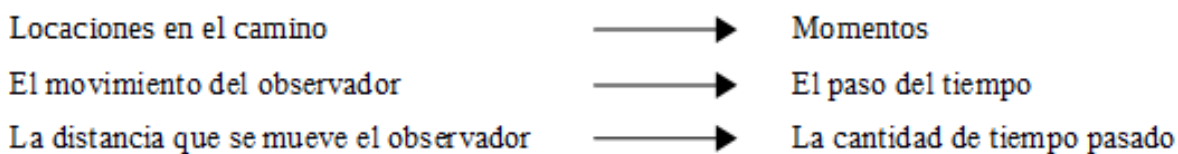
Existe una variación de esta metáfora, la que Lakoff y Johnson llaman "La metáfora del tiempo como sustancia". El esquema básico es el siguiente:



Esta versión es en gran medida la misma metáfora, y nos da acceso a tener conocimiento sobre el tiempo de manera similar a la primera versión, pero la importancia de esta variación para nuestra exposición radica en que hace la distinción entre dos características opuestas e incompatibles que le atribuimos al tiempo. En la primera versión el tiempo es discreto, mientras que en esta variación el tiempo es continuo. El movimiento del tiempo como objetos que se mueven hacia el observador, lo rodean y pasan hacia atrás de él, es una metáfora que permite estructurar al tiempo de modo discreto ya que se estructuran los momentos o instantes haciéndolos corresponder con objetos que se mueven en el panorama accesible al observador. De este modo, los objetos son contados de uno en uno y dan por resultado una estructuración discreta del tiempo. En cambio, al estructurar el tiempo con la metáfora de la sustancia, el observador está en condiciones de experimentar la división de la sustancias en cortes sucesivos y así puede estructurar un tiempo denso que a la percepción se ofrece como continuo.

Debemos destacar que, aún a pesar de que estas dos caracterizaciones del tiempo no son compatibles una con la otra, ambas conviven en nuestra manera de conceptualizar el tiempo.

Estas metáforas involucran un observador quieto mientras el tiempo es el que se mueve. Pero Lakoff y Johnson proponen una segunda metáfora (considerando que las anteriores son básicamente la misma metáfora), la que considera al observador moviéndose a través del tiempo. Esta es la metáfora del tiempo como paisaje, en donde cada locación en el camino del observador es considerado un tiempo (o momento). El esquema básico para esta metáfora es el siguiente:



En este mapeo, dado que el tiempo es un camino por el cual el observador va, el tiempo tiene extensión y ésta puede ser medida, cosa que no ocurre en la metáfora del tiempo en movimiento. A partir de esta metáfora es que se derivan expresiones como 'esta visita se ha extendido más de la cuenta', 'nos acercamos cada vez más a fin de año', o 'Hemos dejado atrás las fiestas'.

Las metáforas para el tiempo que hemos visto nos permiten obtener un mapeo compuesto del que podemos inferir algunas de las que consideramos 'verdades' sobre el tiempo obtenidas gracias a las verdades espaciales del dominio de origen. Por ejemplo, si consideramos 3 tiempos (o momentos) diferentes de los cuales el primero está en el futuro del segundo y el segundo está en el futuro del tercero, aceptaremos que el primero está en el futuro del tercero.

Notamos también que en la metáfora del tiempo como objetos que pasan, éstos se acercan ordenados de modo que algunos están más adelante que otros en ese “panorama” de objetos que viajan hacia el observador. Por otra parte, para la metáfora del tiempo como locaciones en el camino, algunas locaciones están más allá que otras. Además, dos extensiones yuxtapuestas al ser unidas físicamente en la experiencia hipotética, se obtiene una extensión cuyo largo es la suma de los largos de las extensiones unidas. De este modo se construye con ambas metáforas una variable temporal aditiva, que es una característica fundamental para concebir esa variable. Ambas metáforas permiten estructurar el

tiempo de forma aditiva, pues agrupando series de objetos que están yuxtapuestas se obtiene una serie de objetos que es la unión de las dos series y cuyo conteo es la suma. Lo que tenemos aquí es el origen del ordenamiento temporal, uno de los tópicos más importantes en lo que a filosofía del tiempo se refiere.

Lo que hace posible el traspaso inferencial en este caso es un esquema de imagen, el esquema origen-camino-meta. En todos los lenguajes existen modos de expresar fuentes de origen espaciales (por ejemplo 'desde'), metas (por ejemplo 'para' o 'hacia') y los caminos intermedios existentes entre ellos (por ejemplo 'a lo largo de', 'a través de'). Todas estas nociones están conectadas pues forman parte de un todo, los esquemas origen-camino-meta. Este es uno de los principales esquemas de imagen que se relacionan con movimiento y cuenta con los siguientes elementos (Figura 4):

- ♣ Un trayector que se mueve.
- ♣ Una locación de origen (el punto de inicio)
- ♣ Una meta – esto es, un destino del trayector.
- ♣ Una ruta desde el origen hasta la meta.
- ♣ La trayectoria efectiva de movimiento.
- ♣ La posición del trayector en un momento dado.
- ♣ La dirección del trayector en un momento dado.
- ♣ La locación efectiva final del trayector, que puede o no ser la meta.

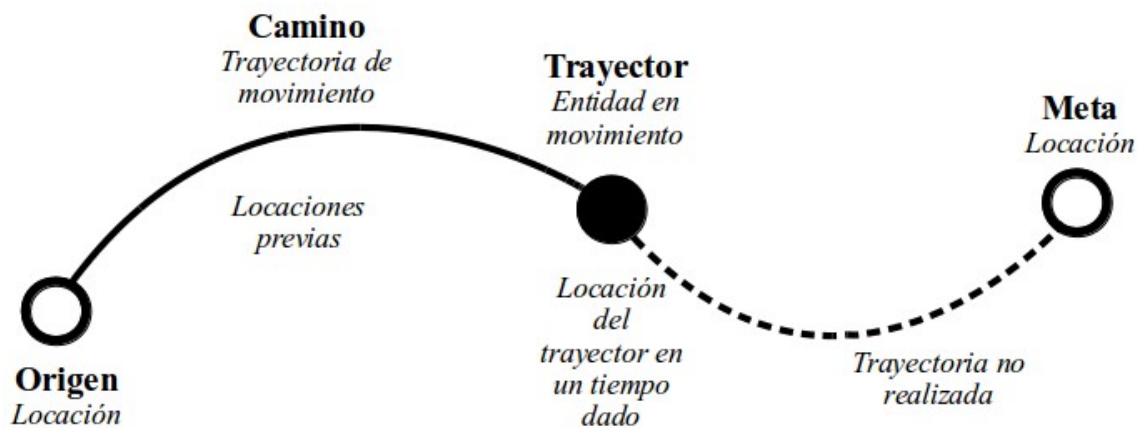


Figura 4

Al igual que en el caso del esquema de contenedores visto en el capítulo anterior, aquí también podemos identificar una lógica espacial interna, la que es responsable en gran medida del ordenamiento temporal. Algunas inferencias de ella derivadas:

- a) Si has atravesado un camino a una locación actual, has estado en todas las locaciones anteriores.
- b) Si has viajado desde A a B y desde B a C, entonces has viajado desde A a C.
- c) Si hay un camino directo desde A a B y te estas moviendo a través de ese camino hacia B, entonces te estás acercando a B.
- d) Si X y Y están viajando a través de un camino directo desde A a B y X pasa a Y, entonces X está más lejos de A y más cerca de B que Y.

Este tipo de esquemas de imagen tienen gran relevancia en nuestros razonamientos sobre el tiempo. De hecho, podemos notar que las caracterizaciones que aquí vemos, sumado a la estructura inferencial que se traspa del dominio del camino al dominio del tiempo reflejan gran parte de las discusiones filosóficas sobre el tiempo. Cada una de las caracterizaciones que se derivan de las distintas metáforas presentadas puede verse en las distintas posturas que hay sobre el problema del tiempo como entidad y las distintas características que le atribuimos a dicha entidad. El problema de la dirección del tiempo está estrechamente ligado a la metáfora de la orientación temporal, del mismo modo en que la linealidad atribuida al tiempo se conecta directamente con el esquema de origen-camino-meta y las metáforas antes vistas. Más adelante, en el capítulo 6, veremos cómo esto está relacionado a su vez con cómo es que las matemáticas, específicamente la aritmética, forman parte de nuestro concepto de tiempo.

La plasticidad del concepto Tiempo.

Otro punto que nos interesa destacar del trabajo de Lakoff y Johnson es que las características que normalmente le atribuimos al tiempo, aquellas que nos parecen características intuitivas del tiempo, las estaríamos obteniendo a partir de las distintas herramientas cognitivas antes presentadas que nos permiten construir el concepto de tiempo. Por lo tanto, en principio, el concepto de tiempo y las

características que le atribuimos al tiempo estarían ligadas por un lado a nuestra experiencia en el mundo y por otro, a los mecanismos biológicos que nos permiten dicha experiencia (los que incluyen desde nuestra condición de bípedos hasta nuestro desarrollo neuronal).

En este punto vale la pena destacar que en el mundo existen algunas culturas que han generado un concepto de tiempo a través de mapeos distintos a los antes señalados, lo que deriva en un concepto de tiempo diferente al que estamos acostumbrados. Uno de los ejemplos de esto es la cultura Aimara, en donde si bien existe la metáfora de orientación temporal, el observador está mirando hacia el pasado y no hacia el futuro⁶⁵. Esto lleva a considerar que el futuro no está hacia adelante, sino que hacia atrás. El pasado estaría hacia adelante, y esto está basado en la experiencia de tener acceso al pasado ("vemos" al pasado, está ahí), mientras que el futuro nos es desconocido. De este tipo de ejemplos, tal vez uno de los casos más conocidos es el de los Hopi. Se creyó durante muchos años que los Hopi no poseían metáforas ligadas al concepto de tiempo, y que de hecho, no poseían tal concepto^{66 67}. Sin embargo se ha comprobado que esto no es cierto, y que de hecho, el tiempo en Hopi está fuertemente ligado el uso de conceptos que involucran movimiento⁶⁸.

Los ejemplos vistos nos pueden servir para respaldar lo antes concluido. Vemos que por una parte existe una base común a la hora de conceptualizar el tiempo que viene dado por nuestra condición de humanos, pero también existe la posibilidad de que se generen variaciones en las experiencias que nos permiten conceptualizar el tiempo de maneras variadas. Es ahí donde encontramos características atribuidas al tiempo que varían según las vivencias de los grupos humanos. Pero esta atribución de características no solo está limitada las diferentes vivencias, porque si aceptamos el modelo de Lakoff y Johnson para la conceptualización del tiempo, notaremos que éste nos permite (y de hecho, lo hacemos) atribuir características al tiempo que son inconsistentes aplicadas o referidas a un mismo concepto. Las dos metáforas, el tiempo en movimiento y el tiempo como paisaje, aun cuando las diferencias entre ellas parecen ser menores, son inconsistentes entre sí. Lo mismo ocurre con la metáfora el tiempo en movimiento y su variación el tiempo como sustancia. Cada una de estas metáforas nos da acceso a poder atribuirle al tiempo características que son incompatibles con algunas de las características otorgadas por las otras metáforas. Lo interesante es que efectivamente podemos pensar el tiempo de todas esas maneras, y de hecho, incluso podemos ver cómo a partir de estas

⁶⁵ Núñez, R., y Sweetser, E. (2006)

⁶⁶ Falk (2008), pág. 87.

⁶⁷ Whorf (1956).

⁶⁸ Malotki (1983).

inconsistencias es que han surgido algunas de las disputas filosóficas sobre el tiempo, tal y como hicimos notar anteriormente en los capítulos 1 y 2.

Por supuesto, nuestra manera de conceptualizar el tiempo no se agota en las metáforas antes presentadas. Tal y como mencionamos anteriormente, pueden existir otras metáforas que sean usadas para estructurar otras de las características que le atribuimos al tiempo. De hecho, el desarrollo de la ciencia ha ido modificando la idea de tiempo que hemos tenido durante la historia. En la medida en que la física ha ido avanzando, sumamos capa sobre capa de metáforas. Es probable que las metáforas que están en la base sean las presentadas por Lakoff y Johnson, pero algunas de las características que actualmente la física le atribuye al tiempo no pueden ser obtenidas por estas metáforas básicas, pero si pueden obtenerse agregando más metáforas o modificando las metáforas básicas. Un ejemplo de esto es la cronometría, la anteriormente mencionada (en este mismo capítulo) medición del tiempo, en donde tratando al tiempo como una escala numérica obtenemos una serie de características para el tiempo que provienen de los números. La misma idea de línea de tiempo está conectada directamente con considerar al tiempo como objetos matemáticos. No desarrollamos aquí completamente la metáfora del tiempo como objetos matemáticos, pues de hecho, los mismos objetos matemáticos son conceptos abstractos que pueden ser explicados a través de la cognición corporeizada (esto será tratado en el capítulo 6). Esto es mucho más complejo que simplemente agregar una sola metáfora extra. Lo que tenemos es varias “capas de metáforas”. Sin embargo, es interesante pensar nuevamente en el ejemplo de los Hopi, quienes originalmente no tratan los días como secuencias numéricas. Esto puede ser relevante en que su visión del tiempo sea cíclica y no lineal⁶⁹.

Tal vez uno de los mejores ejemplos de esto sea la teoría general de la relatividad, en donde la metáfora el tiempo como un paisaje es extendida de manera tal que el tiempo se convierte en una dimensión de tipo espacial más, en lo que conocemos como “espacio-tiempo”. Además, nos vemos obligados a dejar fuera algunas características que nos parecen muy intuitivas del tiempo, como la simultaneidad absoluta. Las consideraciones sobre el tiempo que se desprenden de la teoría de la relatividad no serían posibles sin que antes se hubiese considerado la metáfora del tiempo como objetos matemáticos más una suma de otras metáforas que afectan tanto al concepto de tiempo como al concepto de número. La matematización de la física involucra también el uso de metáforas.

Por otro lado, si aceptamos la tesis de la cognición corporeizada de Lakoff y Johnson, y además

⁶⁹ Falk (2008), pág. 87.

aceptamos que nuestro sistema conceptual está instanciado neuronalmente en nuestro cerebro, y por otro lado aceptamos que existan muchas corporeizaciones base a partir de las cuales se constituye nuestro concepto de tiempo y que cada una de esas corporeizaciones se “imprime” de manera diferente a nivel neuronal, entonces podríamos aceptar que hasta cierto punto hay diversas corporeizaciones que pueden asumir la función estructurante del concepto de tiempo. En este sentido, la plasticidad del concepto tiempo no es solo a un nivel conceptual, sino que también se da a un nivel neuronal.

Es claro que el tiempo no es el único concepto que ha gozado de esta plasticidad. Si estamos de acuerdo con Lakoff y Johnson, esta es la manera en la que "construimos" nuestros conceptos en general: Las metáforas conceptuales serían el principal instrumento del pensamiento abstracto. Por supuesto, el caso del tiempo es solo un ejemplo de esto. Un caso similar (y dado a que fue mencionado anteriormente) lo encontramos en nuestras ideas sobre los números. Históricamente hemos modificado nuestra idea de número muchas veces, hemos agregado metáforas y hemos construido una matemática muy compleja a partir algunas metáforas básicas. Los números negativos, el cero como un número más o los números irracionales se han ido sumando a nuestro concepto de número. Y con el concepto de tiempo parece ocurrir algo similar: Vamos agregando algunas características y vamos dejando otras atrás.

La metafísica del tiempo.

Estrictamente hablando, lo planteado por Lakoff y Johnson sobre el tiempo no hace referencia directa a la entidad tiempo. Las características que le podemos atribuir a una entidad están más relacionadas con nuestro acceso a esa entidad que con la entidad misma, pero hay un punto fuerte al respecto aquí: No tenemos acceso directo del tiempo, no hay experiencia del tiempo independiente de los eventos. Toda nuestra experiencia del tiempo (la que innegablemente existe) es dependiente la observación y comparación de eventos, y por lo tanto, las características que componen al concepto mismo van a estar condicionadas por esa experiencia. Por supuesto, podemos dar un paso más y preguntarnos si es necesario siquiera postular la existencia de la entidad tiempo más allá de nuestra conceptualización (lo que, de nuevo estrictamente hablando, tampoco se sigue de lo planteado por Lakoff y Johnson). Si bien no podemos dar una respuesta a esto acá, tendremos que considerar que si queremos postular la existencia de una entidad tiempo, vamos a tener que resolver cómo es que esta entidad puede tener las características que le atribuimos y que, tal y como mostramos anteriormente, son

inconsistentes entre sí. Por otro lado, esto no será un problema si simplemente dejamos fuera la idea de que existe tal entidad y nos limitamos al concepto.

El problema de la inconsistencia para ser atribuida a una entidad es fuente de algunos de los problemas filosóficos sobre el tiempo. Podemos obtener algunas características del tiempo a través de las metáforas, pero si consideramos a estas afirmaciones metafóricas como verdaderas, vamos a llegar a conclusiones que pueden ser paradójicas. Un ejemplo dado por Lakoff y Johnson está en alguna de las implicaciones que se pueden obtener de la metáfora del tiempo como sustancia. Dado que en esta metáfora tratamos al tiempo como una sustancia que fluye hacia nosotros desde adelante hacia atrás como un río al que vemos pasar, el presente es la parte del río que está a nuestro lado y que vemos cómo va yéndose. Si consideramos la metáfora demasiado literalmente, tendremos que aceptar que todo río proviene de algún lugar, de alguna fuente, y que esa fuente existe en otro lugar en donde, para quienes están en ese lugar, el río está a su lado. Por lo tanto, en la metáfora, el futuro existe en el presente, pero en otra parte. Otro ejemplo puede ser la clásica pregunta por lo que había antes del *big bang*. El tiempo parte con el *big bang*, pero la gente suele hacer esta pregunta en gran medida porque si consideramos la metáfora del tiempo como paisaje, siempre podemos encontrar un lugar que está más atrás que nuestro punto de partida. O también podríamos atribuirle el problema a pensar el tiempo como una línea numérica, en donde antes del cero existen más números. Incluso la misma teoría de la relatividad al considerar al tiempo como una dimensión más, implica, si es considerada literalmente, que el pasado, presente y futuro existen al mismo tiempo. Todas estas conclusiones metafísicas pueden ser evitadas si aceptamos que estas son afirmaciones metafóricas y no literales.

Esto no implica que todo en el concepto de tiempo sea metafórico. De hecho, la base metonímica que involucra a los eventos otorga contenido literal. Según Lakoff y Johnson, características como la asimetría y la direccionalidad provienen de la caracterización del tiempo como comparación entre eventos a los que tenemos acceso. Esto nos asegura que no podamos elegir qué características le atribuimos al tiempo arbitrariamente, porque las metáforas no son arbitrarias ya que están fundadas tanto en nuestra biología como en nuestra experiencia corporal. Tampoco la metonimia con los eventos es arbitraria, pues está dada por nuestra comparación de eventos. Por lo tanto, a pesar de la flexibilidad que la cognición corporeizada puede otorgarle a los conceptos abstractos, existen límites que evitan que estos sean arbitrarios, subjetivos o meramente culturales.

5. Tiempo, cambio y el problema de congelar relojes

Parece ser de común acuerdo que las nociones de cambio y tiempo están directamente entrelazadas, tal como adelantamos en el capítulo anterior al destacar el rol de nuestra experiencia del tiempo en la conceptualización de este. Sin embargo, la naturaleza de esta relación no ha estado exenta de discusión filosófica. En primera instancia, todo cambio parece involucrar una noción de temporalidad y del mismo modo, toda noción de tiempo involucra cambio. Dentro de esta línea de investigación⁷⁰ el tiempo es una consecuencia a nivel conceptual de los eventos. Es alrededor de la percepción corporal de los cambios que se estructuran los conceptos temporales, y en este sentido, el movimiento y el cambio son la raíz del tiempo. Cambio y tiempo no son lo mismo, pero sin cambio no podríamos concebir el paso del tiempo. El tiempo depende de las cosas, sus movimientos y sus cambios; y son los sujetos de conocimiento los que perciben el cambio, por lo que el tiempo está en cierta medida ligado a los individuos que lo perciban. Algunos filósofos como McTaggart⁷¹ afirman incluso directamente que no podría haber tiempo sin cambio.

Sin embargo, Sydney Shoemaker, en su artículo de 1969 titulado 'Time Without Change' presenta un argumento con la finalidad demostrar que la conexión entre tiempo y cambio no es necesaria. La idea básica, con algunas modificaciones para nuestro trabajo, es la siguiente. Pensemos la existencia de un universo compuesto por 3 zonas o planetas. En este universo cada una de las zonas sufre de un raro fenómeno cada cierto tiempo en el cual la zona completa se congela por 1 año. El fenómeno de congelamiento implica que dentro de la zona congelada no se produce cambio alguno. En la zona A el congelamiento ocurre luego de transcurridos 5 años, de modo que tiene un período de 6

⁷⁰ Este enfoque es conocido como “reduccionismo respecto al tiempo” o “relacionismo respecto al tiempo”, y consiste básicamente en que el tiempo no es independiente de los eventos que transcurren en él. Esta postura ha sido sostenida por diversos autores, como Aristóteles, Hume o Leibniz.

⁷¹ McTaggart (1908).

años de los cuales pueden medir el tiempo durante 5 y quedan congelados durante 1 año; en la zona B, de cada 5 años, viven normalmente durante 4 luego de lo cual se congelan durante 1 año; y en la zona C, de cada 4 años, registran cambios durante 3 pero están congelados durante 1 año. Si seguimos la secuencia de congelamiento, notaremos que cada 60 años los tres planetas deberían estar congelados por un año. Tomando en consideración esto, Shoemaker afirma que podemos entonces pensar en la existencia de tiempo sin cambio, pues los habitantes de este mundo tendrían buenos motivos para considerar que aun cuando no hubo cambio alguno en el universo, el tiempo siguió su curso.

En este capítulo analizaremos el caso de las tierras congeladas de Shoemaker con la finalidad de mostrar que, desde las consideraciones de la ciencia sobre el tiempo, no es cierto que los habitantes de este peculiar universo tienen buenos motivos para pensar en tramos de tiempos sin cambio. Para esto presentaremos un caso adicional: Debido al accionar de un malvado Imperio Intergaláctico, una de las zonas es destruida. Si esto es así, sostenemos que el resto de los habitantes de este universo tendrán que modificar la manera en la que consideran el tiempo eliminando los tramos en los que no hay cambio, es decir, eliminando los años en donde sólo la zona desaparecida no se congela debido a que la magnitud temporal en esos instantes carece de propiedades cromométricas. En nuestro ejemplo también se agrega una zona adicional cuyo período de congelamiento coincide y está en fase con el de otra zona, con lo cual no habría motivo para postular que ambos se detienen. La idea principal está en presentar cómo las consideraciones sobre el tiempo de los habitantes de este universo no solo no necesariamente tienen que postular la existencia de tramos de tiempo sin cambio, sino que también tendrían buenos motivos para cambiar la manera en la que miden el tiempo. A partir de esto se desprenden consideraciones tanto epistemológicas como metafísicas sobre la relación entre tiempo y cambio.

Tal y como vimos en el capítulo anterior, el tiempo corporeizado es una concepción naturalizada de tiempo en donde esta noción se construye como concepto en parte por la base biológica humana, y en parte, por la experiencia humana. El trabajo de Shoemaker en su intento por demostrar que es posible pensar en tiempo sin cambio es importante para esta investigación pues la conceptualización de Lakoff y Johnson está basada en buena medida en la observación de cambio en el mundo, en la experiencia de este cambio, de modo que la posibilidad de existencia en el mundo de tiempo sin cambio podría eventualmente ser un problema. Sin embargo, vale la pena mencionar que de igual modo se podría salvar la situación para el tiempo corporeizado considerando tal vez esto como una extensión metafórica del concepto, o una solución similar.

Por supuesto, esto esconde detrás una discusión más fuerte, el problema ontológico del tiempo, de si el tiempo existe independiente de los objetos que 'están' en el tiempo, o si es el tiempo una entidad independiente de la mente. Si aceptamos la idea de tiempo corporeizado propuesta en el capítulo anterior, la entidad 'tiempo' nos termina sobrando. Esta es una discusión filosófica de larga data y se reduce en gran medida al debate entre relacionismo frente a sustancialismo respecto al tiempo. Por un lado, el relacionismo considera que el tiempo no es independiente de los eventos, y que lo que llamamos "tiempo" es simplemente un sistema de relaciones en donde los eventos se comparan entre sí, de modo que si tengo un evento A que está en el pasado de un evento B y tengo el evento C que está en el futuro del evento B, entonces el evento A está en el pasado del evento C, pero no tendría sentido en hablar de tiempo sin los eventos o los objetos que ahí están. Por otro lado, la postura sustancialista considera que el tiempo no depende de los eventos, y que si de hecho no hubiese eventos, el tiempo, como entidad independiente, seguiría existiendo pues no se puede reducir.

Siendo más específicos, los objetivos de Shoemaker son básicamente los siguientes:

Demostrar que es posible pensar la existencia de tiempo sin cambio, y que por lo tanto, no es necesario que el tiempo implique cambio.

Dadas las condiciones del ejemplo que presentaremos, los habitantes del universo de Shoemaker tienen buenos motivos para pensar en la existencia de tiempo sin cambio.

Estas problemáticas, aunque están íntimamente relacionadas, apuntan hacia ámbitos distintos, pues en el caso de la primera, hay una preocupación ontológica, pero la cuestión se limita a evaluar el estatus de la asociación entre tiempo y cambio, ya sea contingente o necesaria. En el caso de la segunda, en cambio, estamos hablando de una cuestión práctica, de cómo los individuos del ejemplo de Shoemaker van a desarrollar, entre otras cosas, una métrica temporal. Pretendo demostrar también que resolver la segunda cuestión va a tener un fuerte impacto en la posición que podamos tener con respecto a la primera.

Los mundos congelados de Shoemaker

Shoemaker propone para su ejemplo que pensemos la existencia de un universo posible, sobre el cuál no pondremos como requisito siquiera que sea físicamente posible, sólo que sea posible. Shoemaker nos habla de un mundo posible, pero establece de antemano que no necesariamente debe ser un mundo físicamente posible. La intención de Shoemaker es poder evitar cualquier crítica que uno le pueda hacer a su ejemplo con respecto a si es físicamente posible o no. Sin embargo, físicamente el cambio es necesario para la vibración y el movimiento de partículas subatómicas, y vale la pena considerar, a pesar de la petición de Shoemaker, si efectivamente el ejemplo que nos presenta podría tener sentido a pesar de que no fuese físicamente posible. Por ahora, aceptemos que el punto de Shoemaker no es éste sino poder mostrar la posibilidad de existencia de tiempo sin cambio.

En este trabajo modificaremos ligeramente el ejemplo original sólo por cuestiones de estilo sin cambiar lo esencial del argumento mismo. Pensemos por un momento un universo dividido en tres planetas o zonas. Nombraremos a cada uno de estos planetas como Alderaan (A), Bespin (B) y Coruscant (C). Todo nuestro universo conocido queda totalmente descrito con estos tres mundos. Pensemos también que entre estos mundos existen viajes, es decir, hay contacto entre sus habitantes, de modo que hay interacción de un mundo a otro habitualmente. De a poco los individuos que viven en estos tres mundos comienzan a notar que cada cierto tiempo no pueden ingresar a alguna de estas zonas. Adicionalmente, gracias a ciertos aparatos de observación, se puede ver cómo es que todo lo que se encuentra en la zona bloqueada, tanto personas como objetos, se queda paralizado. De vez en cuando, una de las zonas queda bloqueada, y no sólo eso, además los individuos que habitan las zonas bloqueadas notan cambios muy bruscos en los individuos de las otras zonas. Por ejemplo, los individuos de la zona bloqueada ven un día a una mujer con un embarazo de pocos meses y al otro día ven a la misma mujer con un bebé ya mayor en sus brazos y claramente no embarazada.

Los habitantes de este universo comienzan a postular entonces que durante ciertos periodos, específicamente durante un año, no ocurre nada, no hay ningún cambio en las zonas congeladas. Los individuos que están fuera de dicha zona sólo pueden ver desde afuera, pero no pueden entrar ni realizar cambio alguno en la zona. En este punto podemos volver a apelar a la imposibilidad física del ejemplo de Shoemaker, pues si los individuos que están en fuera de la zona congelada pueden ver a los

habitantes de esta, entonces debe haber un cambio (por una cuestión de traspaso de luz al menos). Por otra parte se podría considerar también que al menos las propiedades relacionales deberían cambiar respecto los individuos de otros planetas. Dejaremos sin embargo de lado estas objeciones por lo antes dicho sobre la imposibilidad física del ejemplo de Shoemaker, pero es bueno recordar que nuestra investigación versa sobre el problema del tiempo en las ciencias, de modo que éste es un problema no menor. Por otro lado, la discusión sobre las propiedades relacionales podría complicar seriamente el ejemplo de Shoemaker llevándolo incluso a que podamos cuestionar siquiera si es posible considerar una situación en la que cese el cambio sólo en algunas partes y no en otras, pero esto nos llevaría a preguntarnos por la naturaleza de las propiedades relacionales, y eso está fuera de los objetivos de nuestra investigación.

En nuestro ejemplo, los habitantes de este universo hacen un calendario tomando en consideración todos los datos que han recopilados durante largo tiempo. Observan entonces que Alderaan se detiene cada cinco años, Beshpin se detiene cada cuatro años y Coruscant se detiene cada tres años. Notaremos que según nuestro calendario, cada cierta cantidad de años, dos de las tres de las tres zonas quedan congeladas. Por ejemplo, a los 12 años tanto Alderaan como Coruscant estarán congelados, por lo que los únicos 'guardianes del registro' de ese año serán los individuos de Beshpin. Esto va a pasar también al año 20 cuando sólo Coruscant no estará congelado, por lo que les tocará llevar el registro de ese año. Notaremos que cada cierto tiempo entonces, sólo uno de los planetas se encargará de llevar el registro (ver calendario de congelamiento en la tabla I).

Tabla I

Calendario de congelamiento

Planeta/año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Alderaan																				
Bespin																				
Coruscant																				

Planeta/año	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Alderaan																				
Bespin																				
Coruscant																				

Planeta/año	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Alderaan																				
Bespin																				
Coruscant																				

Es en este punto en donde Shoemaker nos hace notar de algo muy importante que ocurrirá en el año 60: van a coincidir los años de congelamiento de las tres zonas. El punto de Shoemaker cae en que los habitantes de este universo tendrían buenos motivos pensar que desde el 31 de diciembre del año 59 al primero de enero del año 61, que es el siguiente en la experiencia perceptiva, pasó un año en donde no hubo cambio alguno. Tomando en consideración los objetivos de Shoemaker, el primero se cumpliría pues podemos entonces pensar que el tiempo transcurrió pero que no hubo cambio alguno, y respecto al segundo objetivo, podríamos considerar que los individuos de este universo ficticio tienen buenos motivos para postular esto.

Destaquemos algunos puntos. Ellos no experimentaron cambio, pues los individuos se acostaron la noche del 31 de diciembre y se levantaron la mañana del primero de enero tal y como lo hacen todos los días. No hubo registro alguno de ese año perdido pues las tres zonas estaban congeladas, pero dado a que cuentan con un calendario, y a que toda la investigación obtenida a través de los años sobre los congelamientos apunta a esto, y aun a pesar de la experiencia vivida (o más específicamente, de la experiencia no vivida), parece que tendrían motivos para pensar la existencia de tiempo sin cambio.

Mundos congelados: Ejemplo extendido

Llevaremos al extremo el ejemplo con el fin de desarrollar nuestro punto. Extendiendo el caso de Shoemaker a una situación trágica, pensemos que un imperio maligno se ha instaurado en esta particular galaxia. Este poderoso imperio ha decidido, por motivos políticos, destruir a uno de los planetas, acabar con una de las zonas por completo. Para esto, ha construido un arma de destrucción planetaria, la que causa que Alderaan desaparezca del universo. ¿Qué va a ocurrir entonces con los individuos que habitan el universo respecto al calendario de congelamiento? Ya no tenemos una zona que se congele cada 5 años por lo que el calendario se podría reducir a las dos zonas restantes (Bespín y Coruscant).

Notamos que ahora existen más períodos en donde no hay registro de los congelamientos, años en los cuales los individuos se van a acostar, luego se van a levantar y entremedio habrá pasado un año según el calendario antes presentado. Específicamente, ahora además de tener el año 60 sin el registro, vamos a tener también que al año 20 y al año 40 se producirá congelamiento en todas las zonas sin que haya registro. Pero ¿cuál es la evidencia que tienen los individuos de Bespín y de Coruscant sobre que el año 20 y al año 40 efectivamente ocurrió el fenómeno del congelamiento? La evidencia específica para esos años recae en que antes existía registro gracias a los habitantes de Alderaan que hacían de guardianes del registro, por lo que podemos fiarnos de una experiencia real aun cuando esta evidencia ha sido eliminada. Además, esta experiencia estaba basada en que efectivamente había cambio en la zona de Alderaan durante esos años, por lo que al menos para los años 20 y 40 el mismo calendario parece tener un soporte. Pero hay que recordar que antes de la destrucción de Alderaan realmente no estamos hablando de tiempo sin cambio, y luego de la destrucción de Alderaan, si es que vamos a seguir postulando que efectivamente ocurren lapsos, es porque confiamos en la experiencia pasada de los guardianes de registro y por apego al calendario, nada más.

El punto importante de lo anterior es que esto va a dejar en evidencia una enorme diferencia entre los años 20 y 40 con el año 60. En el caso de los primeros dos, hay motivos para aceptarlo, pero porque efectivamente no ocurrió tiempo sin cambio, pero el año 60 no se basa en ninguna experiencia

vivida, nunca tuvimos ningún tipo de registro más allá de la mera existencia del calendario. Se está aceptando el año 60 en la elaboración misma del calendario, pues este se construye a partir de la idea de que hay tiempo sin cambio. No tenemos una cuarta zona de referencia que nos permita asegurar a través de alguna experiencia la el paso efectivo del tiempo, no hay guardianes de registro, simplemente se está haciendo calzar el pronóstico del calendario al mundo.

Desarrollemos otro ejemplo en la misma línea que el anterior. Pensemos que una vez que ya ha desaparecido Alderaan, los habitantes de las zonas de Bepin y Coruscant descubren a partir de la exploración del cosmos la existencia de una zona habitada de la cual no se tenía registro alguno y con la que anteriormente nunca había existido contacto alguno. Llamaremos a esta zona 'Dagobah'. Sin embargo, parece haber algunos problemas para poder integrar esta nueva zona al calendario ya establecido. Los habitantes de este peculiar universo ya han podido determinar que efectivamente esta zona se congela al igual que las otras zonas, pero no han logrado captar el ciclo de congelamiento de Dagobah, aun cuando se está llevando registro de cada uno de sus congelamientos. Tomando en consideración un nuevo calendario a partir de lo observado hasta el momento, se ha logrado construir el siguiente calendario (tabla II):

Tabla II

Planeta/año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bepin																				
Coruscant																				
Dagobah																				

Planeta/año	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Bepin																				
Coruscant																				
Dagobah																				

Planeta/año	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Bepin																				
Coruscant																				
Dagobah																				

Notamos que Dagobah se ha detenido sin un patrón claro durante los primeros 60 años del nuevo calendario. Además, a partir del 42 no parece que Dagobah se haya vuelto a congelar, pero

tampoco sabemos si lo volverá a hacer. Lo importante de esta nueva situación está en el aparente comportamiento errático de los congelamientos en Dagobah y en que los individuos de Bepin y Coruscant desconocían la existencia de Dagobah y sus ciclos de congelación. Tomando en consideración estos puntos, podemos notar que si el ejemplo de las tierras congeladas fuese un ejemplo real, tendríamos buenas razones para considerar que aún no hemos descubierto el ciclo de congelación de Dagobah, y en ese caso, cualquier conclusión con respecto a, por ejemplo, declarar la existencia de un periodo de tiempo sin cambio parecería apresurada a menos que intentáramos someter arbitrariamente la observación a un ciclo pre-determinado por nosotros. Podría ocurrir que estamos revisando una parte muy pequeña de la secuencia del ciclo real de Dagobah, y que necesitemos ampliar el rango de años para poder descubrirlo. Es más, incluso podría ocurrir que Dagobah no tiene un ciclo de congelación y efectivamente se comporta de manera errática. Este punto es especialmente relevante para atacar el ejemplo original de Shoemaker, pues muestra que de antemano para poder entender el ejemplo de Shoemaker debemos aceptar, a modo de principio, la posibilidad de la existencia de tiempo sin cambio, ya que los ciclos de congelación de cada una de las zonas vienen dados previamente. No es de sorprender que se concluya que el año 60 hay un año sin cambio, pues esto ya estaba estipulado desde antes de presentar el ejemplo y es requisito para que el ejemplo funcione.

Por otro lado, el desconocimiento previo de Dagobah y su ciclo de congelamiento de parte de los habitantes de Bepin y de Coruscant nos llevaría a que sólo vamos a poder llevar registro de los congelamientos en Dagobah mientras no ocurran cuando las otras zonas están congeladas. No podríamos saber si es que Dagobah se detuvo en el momento en que los otros dos planetas están congelados, pues no habría ningún tipo de registro de esto. Ahora bien, tomando en consideración todo lo anterior, si aceptamos el razonamiento de Shoemaker, deberíamos decir que cada año en los que ninguno de los tres planetas se detuvo, en cada noche del 31 de diciembre al 1 de enero de esos años, los habitantes de este universo tendrían buenos motivos para postular la existencia de un año que haya pasado sin que haya habido cambio. Es más, podríamos pensar que tampoco tiene sentido limitarse al paso de un año, tal vez pasaron dos o tres o mil (de hecho, ¿cómo podrían saber efectivamente cuánto tiempo sin cambio ha pasado?). Lo que queremos destacar es que esto último no parece tener mucho sentido, y que no parecen haber buenas razones para que los individuos de este universo lleguen a esta conclusión sin tener observación alguna. En última instancia lo que está en juego es seguir las pistas epistémicas de cambio para estructurar el tiempo o seguir las hipótesis metateóricas de simplicidad del mecanismo.

Un ejemplo de nuestro universo

Veamos ahora un caso bastante más cercano que el expuesto hasta ahora. Recordemos que en nuestro actual calendario, cada cierta cantidad de años es necesario agregar un día para corregir el desfase entre el año de calendario y el año trópico, lo que demora la tierra en dar la vuelta al sol⁷². Debido a este desfase es que cada cierto tiempo tenemos un año bisiesto. Ahora bien, pensemos en unos observadores que desconocen el uso y motivo de los años bisiestos, y sin entrar en contacto con nosotros intentan averiguar de qué se trata esto. Estos observadores notan cada cierta cantidad de años, febrero, en lugar de tener 28 días, tiene 29. A partir de la observación, logran deducir la primera regla:

R1: Cada cuatro años, en el cuarto año febrero tiene 29 días. Más específicamente, si el año es divisible por 4, es un año bisiesto.

La regla es sencilla y le permitirá a los observadores predecir los años que tendrán 365 días. Sin embargo, al llegar al año cien, febrero tiene 28 días y no 29 como la regla anterior había estipulado, ya que 100 es divisible por 4. Los observadores van agregan entonces una nueva regla para esto:

R2: Cada cien años, en el año cien febrero tiene 28 días. Más específicamente, si el año es divisible por 100, no se cumple la regla i) y el año no es bisiesto.

De esta manera, con las dos reglas antes estipuladas los observadores logran predecir la aparición de los años bisiestos sin problemas. Cuando llegan al año 200, saben que febrero no tendrá un día 29 gracias a la regla ii), y lo mismo ocurre en el año 300. Sin embargo, al llegar al año 400, se dan cuenta que febrero tiene 29 días, contraviniendo la segunda regla (y por lo tanto, respetando la primera). Los observadores entonces agregarán una tercera regla para esto:

R3: Cada cuatrocientos años, en el año cuatrocientos febrero tiene 28 días. Más específicamente, si el año es divisible por 400, no se cumple la regla ii) y el año es bisiesto.

⁷² Recordemos que el año trópico dura 365 días, 5 horas, 48 minutos y 45,25 segundos.

Así, el total de reglas les permitirá predecir los años bisiestos sin problemas. El año 400, 800, y 1200 serán bisiestos, pero no lo serán los años 1300, 1400 o 1500. En términos lógicos, podemos establecer si un año es bisiesto o no de la siguiente manera:

$$R1 \wedge (\neg R2 \vee R3)$$

Lo que hemos visto en este caso es que los observadores van agregando o modificando reglas en la medida en que van haciendo observaciones, pues someten las reglas a la experiencia. No sería sensato que ellos intentaran adecuar lo observado a la regla, pues de hecho, si hiciéramos lo que Shoemaker propone en su ejemplo de las tierras congeladas, podríamos apegarnos a la idea de que todos los años tienen 366 días, todos los años tienen su 29 de febrero, pero normalmente durante ese día lo que tenemos es tiempo sin cambio, salvo durante algunos años. Claramente la existencia de una regla de este tipo nos da derecho a preguntarnos por la existencia real de esos días. Los observadores tienen buenos motivos para modificar las reglas e ir adaptándolas a lo que van viendo, ya que lo otro carece de sentido.

Pensemos otro caso muy sencillo. Imaginemos que en el aula en la que doy clases, cada vez que dicto el curso hay 35 alumnos. A partir de esto obtengo una regla, a saber, que en esta sala siempre hay 35 alumnos durante mis clases. Pero resulta que la semana pasada no hubo 35 alumnos, sino que sólo llegaron 32. Si lo que quiero es mantener mi regla original a pesar de cualquier cosa, podría, al estilo de Shoemaker, postular la existencia de 3 alumnos que son invisibles, impalpables y mudos, de modo que aun cuando yo haya visto 32 alumnos, la regla se mantenía a pesar de lo observado, y que por tanto había de todos modos 35 alumnos. Por supuesto, si ese fuese el caso, si alguien quisiera mantener la regla por sobre lo observado, tendríamos razones para dudar de esos 3 alumnos invisibles, pero además notaríamos que las buenas razones aducidas por Shoemaker no parecen tan buenas, pues estas se reducen simplemente a mantener la regla a pesar de cualquier cosa. Aquí si podemos ver que hay implicaciones ontológicas, pues estoy postulando la existencia de entidades de las que difícilmente puedo hacerme cargo forzado por la regla, y lo mismo va a ocurrir en el caso del tiempo para el ejemplo de las tierras congeladas. A fin de cuentas, y contrario a lo planteado por Shoemaker, tendríamos buenas razones para dudar de que nuestra regla original sea cierta, y tendríamos por lo tanto buenas razones para modificarla.

Algunas consideraciones finales que debemos tomar en cuenta entonces. No parece ser una buena idea intentar someter la observación a las leyes. Efectivamente en el desarrollo de las ciencias tenemos casos en los que esto ha ocurrido, pero el proceso es mucho más complejo. Además, específicamente en este caso, estamos postulando la existencia de entidades que no son siquiera medibles, y de hecho en la historia de las ciencias hemos tenido casos en los que pasan situaciones similares con malos resultados. Insisto en que esto en ningún caso significa negar la posibilidad de que efectivamente, y a fin de cuentas, se encuentren estas entidades (pues de hecho, también hay casos en la historia de la ciencia en los que esto ha ocurrido), pero específicamente para el caso de las tierras congeladas de Shoemaker, el proceso completo está muy simplificado como para realmente considerar que hay buenas razones para postular la existencia de tiempo sin cambio.

Esto último va a ser relevante considerando los objetivos que se propone Shoemaker con el ejemplo de las tierras congeladas. Mostramos que en el ejemplo de la destrucción de una de las zonas, efectivamente los individuos de las tierras restantes van a tener buenos motivos para poder postular tiempo sin cambio, pero no así en el ejemplo original. La postulación de entidades que no son medibles en el más amplio sentido de la palabra no es algo ajeno a la ciencia, y de hecho los casos no son pocos, pero cada vez que hacemos alusión a este tipo de entidades debemos poder hacernos cargo de las consecuencias que pueden derivarse de postularlas. Muchas veces la postulación de estas entidades forma parte de teorías más amplias, y en estos casos, es conveniente no limitar nuestra ontología. Sin embargo, específicamente en este caso, la propuesta de Sydney Shoemaker parece aceptar la existencia de tiempo para poder probar la posibilidad de existencia de tiempo sin cambio.

6. El tiempo y las matemáticas

En el capítulo 4 presentamos algunos de los mecanismos cognitivos que según Lakoff y Johnson, son utilizados para obtener nuestro concepto de tiempo, y en el capítulo anterior discutimos, entre otras cosas, sobre la relevancia de la experiencia en la manera en la que tenemos conceptualizar, medir y concebir el tiempo. Sin embargo, existe un punto en la constitución de nuestro concepto de tiempo que está íntimamente ligado, por una parte, a la necesidad de medir intervalos entre eventos; y por otra, con la generación de escalas de medición: la relación existente entre las matemáticas y el tiempo.

En este capítulo propondremos que gran parte de lo que entendemos por 'tiempo' en la actualidad está teñido de algunas concepciones básicas que tenemos acerca de los números, en particular de secuencias numéricas básicas; y que gran parte de la manera en la que nos referimos al tiempo viene dada por la manera en la que generamos parte de la aritmética básica. Para esto último, seguiremos el desarrollo de la aritmética corporeizada elaborado por Lakoff y Núñez⁷³ e intentaremos mostrar cómo es que algunas de las características atribuidas al tiempo tendrían su base en las características atribuidas a la aritmética.

Analizaremos cómo es que Lakoff y Johnson proponen que ciertas áreas de la matemática pueden ser explicadas mediante las metáforas conceptuales, de modo similar a lo visto en el capítulo 4, pero en esta oportunidad nos concentraremos específicamente nos en la aritmética. A medida que exponamos cada una de las metáforas propuestas por Lakoff y Núñez para la aritmética, intentaremos mostrar su relación con nuestra manera de entender el tiempo.

⁷³ Lakoff y Núñez (2000).

Aritmética corporeizada y el tiempo

Para poder dar una base a la aritmética corporeizada, Lakoff y Núñez hacen alusión a ciertas habilidades que parecen estar ligadas a nuestra estructura biológica. Por mucho que no lo parezca, existe en los bebés capacidades matemáticas básicas comprobables a los pocos días de haber nacido, lo que indicaría, a juicio de los autores, que de algún modo venimos a este mundo con una especie de aritmética rudimentaria⁷⁴, lo que estaría respaldado por algunos trabajos experimentales que ha logrado mostrar habilidades numéricas en bebés⁷⁵. Una de las habilidades bien estudiadas, no solo en humanos, sino que también entre otros miembros del reino animal, es la capacidad de subitizar, habilidad que se encuentra en todos los humanos y que consiste en identificar números de objetos súbitamente^{76 77}. Esta es una habilidad bastante limitada en los humanos que normalmente no supera los 4 o 5 objetos, pero que en otros animales se presenta de manera más desarrollada, y que de hecho, los niños van perdiendo esta capacidad a medida que van creciendo⁷⁸.

Aun tomando esto en consideración, no podemos reducir la aritmética a la suma de las habilidades rudimentarias antes mencionadas. Para poder contar, por ejemplo, los dedos de nuestras manos, son necesarias una gran cantidad de habilidades, como tener la capacidad de agrupar, de ordenar, vincular, memorizar, detectar agotamiento, asignar cardinalidad y ordenar de manera independiente. Estas capacidades nos permiten trabajar dentro de un rango entre 1 y 4 (el rango de la subitización). Pero para contar números sobre este rango, debemos agregar dos capacidades más: La capacidad combinatoria -grupal y la capacidad de simbolizar⁷⁹.

Esto muestra, a juicio de Lakoff y Núñez, los inicios de la aritmética, pues subitizar junto con esta serie de habilidades son sólo una parte del esquema completo. Para poder ir más allá y poder realmente caracterizar las operaciones aritméticas y sus propiedades, debemos hacer uso de capacidades cognitivas superiores, en particular, la capacidad de metaforizar y de hacer amalgamas

⁷⁴ Lakoff y Núñez (2000), pág. 15.

⁷⁵ Algunos de los experimentos que ellos destacan son aquellos que han demostrado la capacidad que poseen los bebés de tres a cuatro días de discernir entre colecciones de dos y tres ítems (Antell y Keating, 1983), los que sugieren que los bebés de cuatro meses y medio pueden “decir” que uno más uno es dos (Wynn, 1992) o aquellos en los que los bebés relacionan sonidos con números (Bertoncini, Bijeljac-Babic y Mehker, 1991).

⁷⁶ Uno de los primeros trabajos en diferenciar la subitización del mero contar o estimar puede encontrarse en Kaufmann, Lord, Reese y Volkman (1949).

⁷⁷ Una buena cantidad de experimentos de subitización pueden encontrarse en Mandler y Shebo (1982).

⁷⁸ Davis y Pérusse (1988).

⁷⁹ Lakoff y Núñez (2000), pág. 52.

conceptuales, esto es, la capacidad de generar correspondencia entre dominios conceptuales para poder conectar metáforas conceptuales y formar metáforas complejas.

Dado que las metáforas conceptuales juegan un rol central en la caracterización de las ideas matemáticas, Lakoff y Núñez las clasifican en dos tipos: las metáforas fundantes y las metáforas vinculantes. Las primeras nos permiten proyectar las experiencias comunes (como apilar cosas una sobre otra) hacia los conceptos abstractos (como sumar) y las segundas conectan la aritmética con otras ramas de las matemáticas. Estas metáforas nos proveen de dos tipos de ideas matemáticas metafóricas:

- **Las metáforas fundantes** nos proveen de las ideas básicas y fundantes. Por ejemplo, la idea de que la adición puede ser entendida como agregar objetos a una colección, la sustracción como quitar objetos desde una colección, conjuntos como contenedores, miembros de conjuntos como objetos en un contenedor. Estas ideas normalmente requieren de poca instrucción.
- **Las metáforas vinculantes** nos proveen de ideas sofisticadas, a veces llamadas ideas abstractas. Por ejemplo, los números como puntos en una línea, figuras geométricas como ecuaciones algebraicas, operaciones en clases como operaciones algebraicas. Todas estas ideas requieren de instrucción previa en distintos grados.

Uno de los puntos más relevantes a mencionar en este punto radica en que, dado el hecho que las metáforas conceptuales preservan la estructura inferencial, nos permitirán fundar nuestro entendimiento de la aritmética sobre nuestro entendimiento de actividades físicas comunes. De este modo, para Lakoff y Núñez, nuestro entendimiento de la aritmética elemental está basada en la correlación entre los aspectos más básicos de la aritmética, como subitizar y contar, y nuestras actividades diarias, como apilar objetos, caminar, reunir objetos, etc. Una de las principales vías por la que se preserva la inferencia es a través de la preservación de estructura de los esquemas de imagen, estructura que pasa de un dominio a otro a través de las metáforas.

Es importante volver a resaltar la relación existente entre la observación de cambios en el mundo, la sucesión de eventos y nuestra manera de entender el tiempo. Históricamente hablando, la humanidad desde sus inicios ha observado y tomado nota de ciclos que se repiten en la naturaleza, como la salida del sol o las estaciones del año. Incluso podemos considerar que los mismos ciclos

fisiológicos son eventos que se iteran. Algunos antropólogos plantean la posibilidad de que a partir de esto, los primeros homínidos ya tuvieran una noción de tiempo rudimentaria, incluso previa a la aparición de nuestra especie⁸⁰. No parece arriesgado pensar que cualquier criatura que tenga cierto grado de consciencia respecto a su entorno tendrían entonces al menos una consciencia rudimentaria del tiempo, pues existiría una identificación básica entre los cambios, los eventos y el tiempo.

De la misma manera que con el espacio y la geometría⁸¹, fueron en gran medida las actividades económicas y agrícolas las que hicieron necesario llevar un registro y conteo del tiempo. Así, los números comenzaron a formar parte importante de nuestra manera de relacionarnos con el tiempo. Sin embargo, el proceso de adaptar los números a los procesos naturales como días y estaciones no ha sido sencillo puesto que los ciclos naturales no corresponden a números enteros, y esto ha quedado evidenciado a través de la historia con los diferentes calendarios que las distintas culturas han propuesto usado, con variaciones en la duración de los días, meses y años. Las variaciones entre los distintos calendarios de las antiguas civilizaciones que fundan occidente suelen tener sus raíces en las distintas elecciones de ciclos naturales como medida base de dichos calendarios, por ejemplo, los ciclos lunares o los ciclos solares.

A partir de la medición del tiempo es que la aritmética logra ingresar a nuestra manera de entender y conceptualizar el tiempo. Este proceso se desarrolla de manera tal que el mismo desarrollo de la aritmética en la historia comienza a afectar nuestras concepciones respecto al tiempo. Ejemplo de esto es la aparición del cero en la matemática occidental, o incluso la aceptación de los números negativos. Estos desarrollos son producto del desarrollo cultural y muestran como los conceptos van cambiando a lo largo de la historia, de modo que, sin dejar de lado la importancia de la experiencia inconsciente y las metáforas básicas presentadas por Lakoff y Johnson, debemos recalcar cómo es que el avance de la ciencia y el conocimiento, por ejemplo, va a ser sumamente relevante en nuestra concepción básica sobre el tiempo. Gran parte de lo que entendemos por tiempo está ligado a las atribuciones que le damos a los números, y en particular a la idea de secuencia numérica. No es coincidencia que en el calendario occidental no exista un año cero, pues cuando el calendario juliano, sobre el cual se basaría el calendario gregoriano más tarde, hacía uso de numerales romanos, en donde el cero no existe como símbolo ni como concepto. Los conceptos que hemos generado a partir del desarrollo de nuestras teorías, tanto científicas como matemáticas, van a influir en las experiencias que

⁸⁰ Falk (2008), pág. 15.

⁸¹ Barker (1965), pág. 22.

tenemos. Esto debe ser resaltado dentro de la cognición corporeizada, pues el rol experiencia es central para la generación de conceptos.

No todas las culturas han concebido el tiempo de la misma manera, y si bien en la actualidad, la concepciones del tiempo occidental ha sido asumida por gran parte del mundo, ésta se fue construyendo también en la interacción con otras culturas, y en esto las matemáticas juegan un rol importante. El caso anteriormente mencionado del cero es un ejemplo, pero podemos destacar también una de las principales características del tiempo: la linealidad. Algunas culturas, como los Nuer en Sudáfrica, tienen un concepto de tiempo totalmente carente de aritmética, basado exclusivamente en eventos naturales y actividades humanas⁸². Esta manera de ver el tiempo suele asociarse más con una manera cíclica de concebir el tiempo, y no con un modo lineal, pues los eventos naturales se repiten año tras año. Varias culturas han tomado esta visión, dentro de las que podemos destacar a la antigua China o en alguna medida la antigua Grecia⁸³. Pero va ser el judaísmo, y posteriormente el cristianismo, el que va a tener una noción claramente lineal del tiempo, en donde la historia va a estar marcada por eventos únicos ordenados en una secuencia específica. En esta visión lineal del tiempo, el tiempo corre inexorablemente desde el pasado hacia el futuro de manera irreversible. Además, en el tiempo lineal, los eventos pueden ser numerados, contados y secuenciados, dando pie al ingreso total de la aritmética al campo del tiempo. La relación entre el tiempo lineal, las matemáticas y la ciencia ha sido destacada por historiadores como Lewis Mumford, quien sostiene que el desarrollo de nuestros sistemas de medición temporal están ligados a íntimamente a la idea de tiempo lineal. A juicio de Mumford, los mecanismos de medición temporal disocian al tiempo de los eventos humanos y han dado pie a la creencia de la existencia de un mundo independiente de secuencias matemáticamente medibles⁸⁴.

En el capítulo 4 expusimos las bases que, según Lakoff y Johnson, darían pie a la generación de nuestro concepto de tiempo a partir de ciertas metáforas conceptuales. Estas bases estarían principalmente compuestas por actos de metonimia respecto a eventos más la incorporación de algunas metáforas fundantes. Sin embargo, mencionamos que el concepto de tiempo es mucho más complejo de lo que anteriormente se había expuesto, y va a ser necesario para modelar el concepto de tiempo no sólo limitarnos a las metáforas fundantes, sino que mostrar algunas de las metáforas vinculantes que

⁸² Evans-Pritchard (1939).

⁸³ Falk (2008), pág. 81-93.

⁸⁴ Mumford (1934), pág. 34.

nos permiten obtener un concepto de tiempo más completo, provisto de las mayoría de las características que le atribuimos al tiempo. A continuación nos concentraremos en aquellas metáforas vinculantes que van a relacionar el tiempo con los números, de manera de poder mostrar la relación existente entre la aritmética y el tiempo a nivel conceptual. Para esto, revisaremos las bases metafóricas de la aritmética según la cognición corporeizada, revisando las metáforas fundantes propuestas para el desarrollo de la aritmética, y plantearemos para cada una de ellas la metáfora vinculante que conectaría la aritmética con el tiempo.

El tiempo como una colección de objetos

A Juicio de Lakoff y Núñez, existen cuatro grandes metáforas fundantes que nos permiten desarrollar la aritmética básica a partir de las habilidades innatas antes expuestas y extenderla más allá de sus límites y extenderla más allá de sus límites. Comenzaremos la revisión de esta aritmética con una metáfora fundante, una metáfora que conecta nuestra concepción de la aritmética con nuestras actividades diarias: la metáfora de la aritmética como una colección de objetos.

Algunas de las experiencias matemática más tempranas en los niños son los juegos con bloques o grupos de objetos. Gracias a la aritmética innata, los niños pueden subitizar de manera que se dan cuenta cuándo les dan o les quitan bloques. La hipótesis de Lakoff y Núñez es que esas relaciones regulares de suma y restar objetos desde colecciones de objetos resultan en conexiones neuronales entre operaciones sensorio-motoras físicas y operaciones aritméticas. Estas conexiones constituyen una metáfora conceptual a nivel neuronal, en este caso, la metáfora fundante *La Aritmética es una colección de objetos*. Es interesante destacar que esta metáfora se establece a muy temprana edad, incluso antes de cualquier entrenamiento formal de aritmética, pues de hecho, para poder enseñarle a los niños aritmética se asume que ellos ya manejan esta metáfora, pues normalmente, para que puedan entender más fácilmente, a los niños se les enseña en términos de agregar o quitar objetos desde colecciones⁸⁵

Esta metáfora necesita de un mapeo preciso desde el dominio de los objetos físicos hasta el dominio de los números. Este mapeo metafórico consiste de:

⁸⁵ Nos referimos a ejemplos clásicos como “Si tengo 3 manzanas y me como 1, ¿cuántas manzanas me quedan?”.

1. El dominio de origen, las colecciones de objetos (basadas en nuestras más comunes experiencias con agrupar objetos).
2. El dominio de llegada de la aritmética (estructurado de modo no metafórico a través de la subitización y contar).
3. Un mapeo a través de los dominios (basado en nuestra experiencia subitizando y contando objetos en grupos).

La metáfora se establece de la siguiente manera:

Metáfora 1: La aritmética es una colección de objetos

Dominio de origen <i>Colección de objetos</i>	→	Dominio de llegada <i>Aritmética</i>
Colección de objetos del mismo tamaño.	→	Números
El tamaño de la colección.	→	El tamaño de los números.
Más grande.	→	Mayor.
Más pequeño.	→	Menor.
La colección más pequeña.	→	La unidad (uno).
Juntar colecciones.	→	Adición.
Sacar colecciones pequeñas a partir de una colección mayor.	→	Sustracción.

De esta metáfora se sigue que sumar da como resultado algo más grande y sustraer da como resultado algo más pequeño. Esta misma manera de referirnos a los objetos la ocupamos con los números, y está tan inserta en nuestro inconsciente que olvidamos que los números no son grandes o pequeños, pues estas palabras indican tamaño de objetos o de colecciones de objetos. Cuando decimos “dos es menor que cuatro” estamos utilizando una metáfora de manera inconsciente, pues los números no tienen tamaño.

Lo más relevante de esta metáfora es que lleva las verdades básicas acerca de colecciones de

objetos físicos, el dominio de origen, hasta la aritmética, el dominio de llegada. El resultado de esto es una serie de “verdades” acerca de los números naturales bajo las operaciones de la adición y la sustracción. “Verdades” va aquí entre comillas, pues indica que ellas están relativizadas a la metáfora del caso, del mismo modo como decimos que “estoy en una depresión” es verdad en relación a la metáfora *Los estados son lugares*. Pero no es literalmente cierto, pues cuando la gente está en una depresión en este contexto no tiene nada que ver con su ubicación en el espacio. Lo mismo se aplica para las metáforas en las matemáticas. Dicho de otra manera, podríamos aceptar una suerte de predicado de pseudo-verdad, de manera muy parecida a como, por ejemplo, el ficcionalismo trata las verdades matemáticas dentro de la ficción de las matemáticas⁸⁶, con la diferencia en que en este caso la verdad proviene de conexiones neuronales generadas por nuestra experiencia. Consideremos el siguiente ejemplo. Dadas dos colecciones de objetos físicos, A y B, y dado el hecho que de ellos A es más grande que B se sigue que si a cada una de estas colecciones les agregamos la misma colección de objetos C, obtendremos que A más C será más grande que B más C. Este es un hecho acerca de colecciones de objetos físicos del mismo tamaño. Es a partir del mapeo que se genera en la metáfora *Los números son colecciones de objetos* que nuestra experiencia agrupando objetos se transforma en una “verdad” acerca de los números.

Vale la pena destacar cómo a partir de la metáfora *Los números son colecciones de objetos* podemos obtener algunas de las propiedades de los números obtenidas gracias a que el mapeo traspassa las propiedades de las colecciones de objetos al dominio de llegada. Esto permite que estas propiedades se extiendan de los números subitizados (de 1 a 4) a una colección indeterminadamente larga de números naturales. Algunas de las propiedades que podemos encontrar son la magnitud, la estabilidad de los resultados de la adición y la sustracción, la repetición ilimitada de la adición y la repetición limitada de la sustracción⁸⁷. También encontramos propiedades de las ecuaciones, como la preservación de las igualdades, conmutatividad y asociatividad, más algunas propiedades relacionales como la simetría y la transitividad, por mencionar algunas.

La metáfora que hemos presentado debe ser extendida para poder explicar otras operaciones de la aritmética. Para poder incluir la suma y la resta sólo se han caracterizado los números en términos de colecciones de objetos, de modo que las operaciones en un dominio son mapeadas en operaciones del otro dominio, pero no se han caracterizado los números en términos de elementos de ambos dominios

⁸⁶ Balaguer (2009).

⁸⁷ Esto es un ejemplo de cómo esta sola metáfora no es capaz de darnos la aritmética que tenemos hoy.

al mismo tiempo. Esto va a ser necesario para la multiplicación y para la división, ya que en estas operaciones necesitamos referirnos a los elementos como números y como colecciones al mismo tiempo, lo que a juicio de Lakoff y Núñez indica que estamos frente a operaciones cognitivamente más complejas que la adición y la sustracción, porque, debido a que cada mapeo metafórico está caracterizado neuronalmente por un conjunto fijo de conexiones a través de los dominios conceptuales, al multiplicar o dividir se activan simultáneamente los dos dominios de la metáfora: Estamos frente a una *amalgama metafórica*.

Teniendo ya clara esta primera metáfora fundante, podemos plantear la existencia de una metáfora vinculante nacida a partir de la necesidad de llevar un conteo del tiempo, a partir de la cronometría anteriormente mencionada. Una vez que le asignamos número a los eventos, los momentos son considerados como números, de manera tal que obtenemos la metáfora *El tiempo es una colección de objetos*. Esta metáfora nos da pie para considerar al tiempo como objetos que poseemos, y se nos presenta una de manera de entender el tiempo como una serie de objetos, de manera consistente con la metáfora *El tiempo como objetos que pasan* vista en el capítulo 4, solo que en este caso los objetos no pasan, sino que son cosas que poseemos. Así es que utilizamos frases del estilo de “Te voy a quitar un poco de tu tiempo” o “Esas actividades me quitan mucho tiempo”, e incluso maneras de referirnos al tiempo como “El tiempo es oro”, en donde el tiempo es un objeto valioso que se posee y se puede perder.

La metáfora *Los números son colecciones de objetos* puede ser extendida de manera que no sólo incluya la multiplicación, sino que además incluya elementos que no se encuentran en la metáfora misma, como por ejemplo el número *ceros*, pues el resultado de cinco menos cinco no es una colección de objetos. Así debemos incluir una metáfora que nos permita tratar la falta de objetos para formar una colección como una colección vacía. Vemos cómo la metáfora se va extendiendo a medida en que avanzamos en la revisión de la aritmética. Con la inclusión de esta última metáfora, vamos sumando más propiedades de los números.

Hasta el momento hemos analizado sólo una de las metáforas fundantes para la aritmética. Presentaremos ahora las otras con el fin de completar el esquema básico de la aritmética.

El tiempo como construcción de objetos

En esta metáfora tomamos en consideración afirmaciones del tipo “cinco está formado por dos más tres” o “puedes factorizar 28 en 7, 4 veces”. Lo que hacemos a través de esta metáfora es entender los números, que son abstracciones, como compuestos o hechos por partes. Aquí las partes son otros números y las operaciones de la aritmética nos otorgan los patrones por medio de los cuales los números calzan entre sí para formar otros números. El mapeo es el siguiente:

Metáfora 2: La aritmética es una construcción de objetos

Dominio de origen <i>Construcción de objetos</i>		Dominio de llegada <i>Aritmética</i>
Objetos.	→	Números.
El objeto completo más pequeño.	→	La unidad (uno).
Más grande.	→	Mayor.
Más pequeño.	→	Menor
Acto de construcción de objetos.	→	Operaciones aritméticas
Un objeto construido.	→	El resultado de una operación aritmética.
Un objeto entero	→	Un número entero.
Poner objetos juntas para formar objetos más grandes	→	Adición.
Quitar objetos más pequeños para formar otros objetos.	→	Sustracción.

Es evidente que esta metáfora está íntimamente relacionada con la metáfora de la colección de objetos, pues la construcción de objetos requiere recolectar primero sus partes. En esta metáfora también debemos utilizar una metáfora artificial para poder obtener el cero. Pero la principal diferencia de esta metáfora con la metáfora anterior está en que cada entero está formado por partes que calzan entre sí. Dado entonces que esta metáfora es una versión más específica que la metáfora anterior, todas

las inferencias se conservan, pero obtenemos algo adicional: dentro de esta metáfora podemos caracterizar las fracciones, algo que anteriormente no era posible.

El tiempo como vara de medir

Esta metáfora nace del método de medir a través de una vara o una cuerda. Esta es la versión física de lo que en geometría se llama *segmentos de línea*. Una distancia puede ser medida colocando los segmentos físicos de una unidad de longitud de un lado al otro y luego contándolos, y el resultado de esto es otro segmento físico. El mapeo es el siguiente:

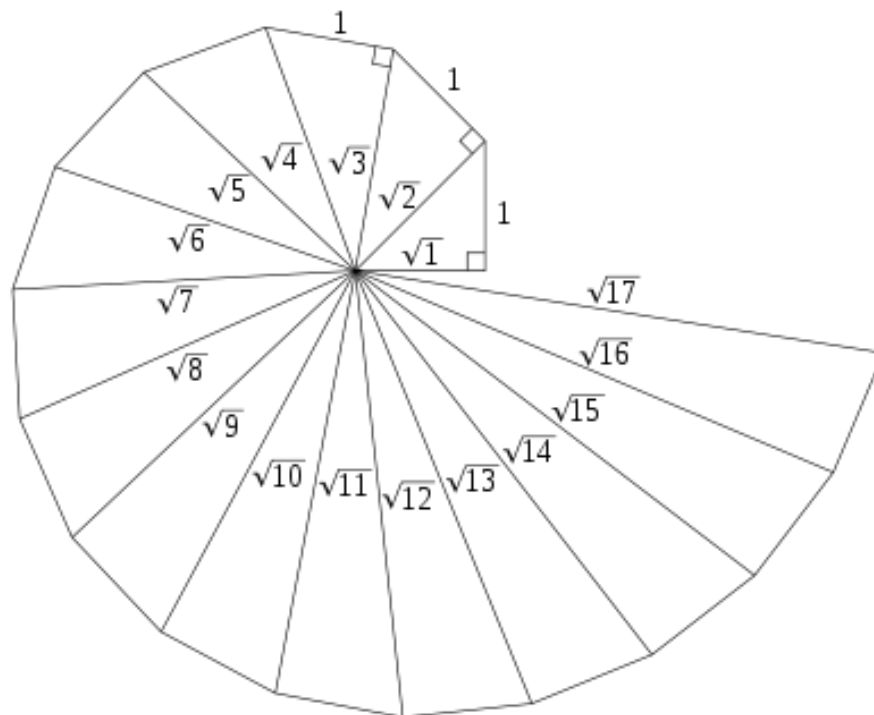
Metáfora 3: La vara de medir

Dominio de origen <i>El uso de una vara de medir</i>	→	Dominio de llegada <i>Aritmética</i>
Segmentos físicos	→	Números
El segmento físico básico	→	La unidad (uno).
La longitud de un segmento físico	→	El tamaño de un número.
Más largo.	→	Mayor
Más corto.	→	Menor
El acto de colocar un segmento físico	→	Operaciones aritméticas
Un segmento físico	→	El resultado de una operación aritmética.
Poner segmento físicos juntos por los extremos para formar segmentos más grandes.	→	Adición.
Quitar segmento físicos más pequeños de otros más grandes para formar otros segmentos.	→	Sustracción.

Esta metáfora tiene mucho en común con la metáfora anterior, ya que también podemos pensar en cada segmento formado por otros segmentos, con lo que podemos definir fracciones. Del mismo modo que en la metáfora anterior, también es necesario incluir la metáfora del cero. Además, los

segmentos pueden ser vistos como objetos físicos, lo que acentúa el parecido con la metáfora anterior, pero hay una diferencia importante, pues estos segmentos son unidimensionales y continuos. En su versión abstracta, corresponden a los segmentos de línea de la geometría euclidiana. Como resultado de esto, obtenemos una amalgama de segmentos físicos con números especificando su longitud. A partir de esta amalgama obtenemos una correspondencia uno-a-uno entre segmentos físicos y números: Dada una unidad de longitud fija, se sigue que para cada segmento físico hay un número.

La importancia de esta metáfora resalta al analizar el teorema de Pitágoras: Sea C la hipotenusa de un triángulo rectángulo y A y B las longitudes de los lados restantes, entonces $A^2+B^2 = C^2$. Si consideramos un triángulo rectángulo en donde $A=1$ y $B=1$, entonces $C^2=2$. Por otro lado, C no puede ser expresado como una fracción, no es un número racional. Incluso los pitagóricos consideraban que C ni siquiera era un número. Pero haciendo uso de la amalgama Número/Segmento Físico, se sigue que la hipotenusa en el triángulo debe ser un número: $C = \sqrt{2}$. La espiral de Teodoro (más abajo) muestra claramente la relación entre segmentos y números. Esta conclusión no es alcanzable usando números literalmente. Sólo gracias a la metáfora que implica que para cada segmento hay un número es que pueden obtenerse los números irracionales.



El tiempo es movimiento a través de un camino

La última de las metáforas fundantes que analizaremos proviene del movimiento en línea recta desde un lugar a otro y se aplica a la aritmética como actividad. El camino que seguimos forma segmentos físicos, una línea imaginaria que traza nuestra trayectoria. La relación entre la trayectoria de un movimiento y un segmento físico se entiende del siguiente modo: el origen del movimiento corresponde a uno de los extremos del segmento físico, mientras que el final del movimiento corresponde al otro extremo del segmento, y el camino del movimiento corresponde al resto del segmento. La metáfora aplicada a la aritmética queda de la siguiente manera:

Metáfora 4: La aritmética es movimiento a través de un camino

Dominio de origen <i>El movimiento a través de un camino</i>		Dominio de llegada <i>Aritmética</i>
Locaciones en un camino.	→	Números.
El inicio del camino.	→	Cero.
La longitud de un segmento físico.	→	El tamaño de un número.
Más lejos del punto de origen.	→	Mayor.
Más cerca del punto de origen.	→	Menor.
El acto de moverse a través de un camino.	→	Operaciones aritméticas.
Una locación en el camino.	→	El resultado de una operación aritmética.
Moverse desde una locación A alejándose del inicio una distancia que es la misma que la distancia desde el inicio a la locación B.	→	La suma de B a A
Moverse desde una locación A acercándose del inicio una distancia que es la misma que la distancia desde el inicio a la locación B.	→	La resta de B a A.

Tal y como mencionamos, esta metáfora corresponde en gran medida a la metáfora de la vara de medir, pero en este caso hay una gran diferencia que hace destacar a esta metáfora. En todas las otras metáforas era necesario apelar a una metáfora artificial para generar el cero, pero cuando los números son puntos en una línea, el origen es también un punto-locación. Además, esta metáfora nos otorga una extensión natural hacia los números negativos, pues establecido el origen, el camino se extiende indefinidamente hacia ambos lados. De esta manera, los números negativos también son locaciones, pero el otro lado del cero. También nos permite referirnos a los números como “estando” entre otros números, como acontece cuando decimos “el cero está entre menos uno y uno”.

Podemos considerar otros ejemplos lingüísticos, como cuando decimos “Se va a iniciar la cuenta *regresiva* desde 20”, “3 está muy lejos 100.000” o “4.5 se aproxima a 5”. Todos estos casos nos demuestran cómo el lenguaje del movimiento puede ser utilizado de manera sistemática a la hora de hablar de la aritmética. Este uso del lenguaje nos otorga evidencia de la existencia de mapeos conceptuales. Las metáforas puede ser vistas como realizando generalizaciones no sólo sobre el uso de las palabras, sino que también sobre los patrones de inferencia que esas palabras proporcionan desde el dominio de origen, los que luego son utilizados en el razonamiento acerca de la aritmética.

Analizadas ya las cuatro metáforas fundantes (4MF, en el acrónimo inventado por L&N), podemos notar que estas se comportan como herramientas lingüísticas que nos permiten expandir la aritmética innata, que es extremadamente limitada. Estas metáforas surgen a través de una fusión dada en la experiencia entre la aritmética innata y los dominios de origen de las 4MF. Los niños forman colecciones de objetos, hacen objetos, dan pasos, usan sus brazos o manos para estimar distancia, y son estas experiencias las que se funden con la aritmética innata, con sus habilidades de subitizar, sumar y restar (dentro del rango subitizable), dando origen a las 4MF de manera natural e inconsciente.

Según Lakoff y Núñez, el mecanismo por el cual las 4MF le permiten al ser humano extender la aritmética más allá de sus capacidades aritméticas innatas preservando las propiedades básicas de ésta es el siguiente: en cada fusión entre la aritmética innata y un dominio de origen, las inferencias de la primera *calzan* con los del segundo. A partir de esto, es que los cuatro dominios de experiencias concretas son apropiados para generar extensiones metafóricas de la aritmética innata que preserven sus propiedades. A juicio de Lakoff y Núñez, el motivo por el cual cada uno de estos cuatro dominios calza con la aritmética innata está en que existen relaciones estructurales a través de los dominios.

Indicamos al momento de presentar cada metáfora cómo cada una de ellas se relaciona directamente con la anterior, ya que, por ejemplo, no podemos construir un objeto sin reunir sus partes. Lo que está ocurriendo, según Lakoff y Núñez, es que estas experiencias están neuronalmente conectadas. Existe por lo tanto un isomorfismo entre las 4MF definido por una relación uno-a-uno entre las definiciones metafóricas de las operaciones de la aritmética - adición y multiplicación - en las cuatro metáforas. A pesar de esto, los cuatro dominios de origen no son isomórficos, pues no todo lo que se obtiene en una metáfora se puede obtener en la otra, pues la construcción de objetos permite caracterizar fracciones, pero no el cero ni los números negativos, lo que si hace el movimiento a través de un camino. Lo que es isomórfico es la colección de los mapeos desde los dominios de origen de cada una de las 4MF a los números naturales, y estos mapeos se basan en las experiencias que hemos tenido más la aritmética innata.

Es interesante mencionar que en cada una de las 4MF los números son cosas que existen en el mundo. Estas metáforas nos llevan a una metáfora más general, la metáfora *Números son cosas en Mundo*, ya que a pesar de que pueden funcionar como cuantificadores para cualquier lenguaje, los nombres de los números son nombres propios, como en el caso de proposiciones como “dos es menor que cuatro” o “tres multiplicado por doce”. A juicio de Lakoff y Núñez, es por esto que la postura platónica frente a las entidades matemáticas parece estar tan difundida, pues si los objetos son entidades reales en el universo, entender los números metafóricamente como cosas en el mundo nos lleva a la conclusión que los números tienen una existencia objetiva tal y como las entidades reales.

Para poder explicar toda la matemática a partir de las 4MF todavía queda un largo camino, pero lo ya presentado cubre todos los aspectos básicos. Las metáforas tienen que ser “estiradas” para poder explicar áreas más complejas de las matemáticas, pues a medida que avanzamos en complejidad, sumamos capa sobre capa de metáforas. Las metáforas que están en la base son las 4MF, pero es evidente que operaciones como la multiplicación de números negativos no pueden ser obtenidas directamente de ellas, pero sí puede obtenerse por extensión metafórica, esto es, extendiendo las metáforas agregando más metáforas. Pensemos en la inclusión del cero en las primeras tres metáforas fundantes que analizamos. En ellas el cero fue “creado” a través de una metáfora artificial que no está en la metáfora fundante⁸⁸. La necesidad de generar esta metáfora nace en nuestra experiencia, pues uno

⁸⁸ Vale la pena notar el caso especial que ocupa el cero en la historia de las matemáticas, pues su no aparición en 3 de las 4MF puede servirnos de explicación de por qué algunas culturas si tenían incorporado el cero en su sistema numérico y pero

de los principios que se sigue de las operaciones con objetos físicos es que éstas tienen como resultado objetos físicos del mismo tipo, por lo que parece evidente que, dada la metáfora *Números son cosas en el mundo*, a partir de operaciones con números se sigan números del mismo tipo. Este principio lleva el nombre de *Clausura*, y es claro que la clausura no proviene de las metáforas fundantes, pues del número subitizable 3 más el número subitizable 4 no se sigue el número subitizable 7. Los números naturales deben ser extendidos de varias maneras para poder alcanzar la clausura, desde añadir el cero hasta los números irracionales o complejos. Esto es muy relevante para la creación de matemática nueva, pues dado cualquier conjunto de elementos matemáticos y un conjunto de operaciones para ellos, podemos preguntarnos si ese conjunto está cerrado (clausurado) bajo esas operaciones. Si no lo está, otros elementos deben ser añadidos, a través de “estirar” las metáforas de modo de alcanzar la clausura.

Consecuencias e implicaciones de la matemática corporeizada

En primer lugar, la teoría de la matemática corporeizada es un ataque directo al platonismo matemático, a la idea de que los objetos matemáticos no son creaciones o construcciones humanas, sino que son objetos cuya existencia no depende de nosotros. En principio, parece claro ahora cómo el problema de la caracterización ontológica de las entidades matemáticas puede ser resuelto limpiamente apelando a las múltiples metáforas con las que podemos caracterizar este tipo de entidades. Para la matemática corporeizada, las matemáticas trascendentes son simplemente implausibles, pues no existe una única manera de caracterizar a las entidades matemáticas. Esto es evidencia de la riqueza de la concepción de las matemáticas humanas frente a las matemáticas trascendentes, pues las primeras, al ser el simple resultado de una actividad lingüística, permiten que nociones incompatibles sobre una misma entidad puedan convivir sin mayores problemas, pues puede considerarse múltiples “ontologías” para cada entidad.

Para la matemática corporeizada, los objetos matemáticos están fundados en la experiencia humana a través de mecanismos cognitivos antes mencionados. Esto permite que las matemáticas conserven las inferencias obtenidas de nuestra relación con el mundo. Esta relación está limitada por nuestra conformación física en el más amplio sentido, pues lo que se conserva es la estructura inferencial que resulta de nuestro enfrentamiento como seres biológicos con restricciones y ventajas en otros no lo estaba, como fue el caso del sistema romano de numeración..

cognitivas con el mundo. Una de las consecuencias que esto conlleva es que si tuviésemos un modo de acercarnos a la realidad de manera diferente a la que tenemos (como especie) tendríamos una matemática diferente a la que actualmente tenemos, pues sería posible que las metáforas fundantes se dieran de distinta manera (¿qué sentido tendría la metáfora del movimiento si naturalmente nos pudiéramos teletransportar, por ejemplo?).

Dentro de la postura de Lakoff y Núñez, las verdades matemáticas pueden ser evaluadas con la misma semántica que cualquier otra verdad. Esta es una característica que se rescata del ficcionalismo, pues, tal y como mencionamos anteriormente, una afirmación matemática es verdadera sólo si nuestro entendimiento corporeizado de esas afirmaciones concuerda con nuestro entendimiento corporeizado de la situación en cuestión. Para Lakoff y Núñez la verdad, incluyendo la verdad matemática, es dependiente de la cognición corporeizada humana. Las verdades matemáticas son verdades en tanto forman parte de la historia de las matemáticas, nada más. A modo de ejemplo, en la cultura occidental durante muchos años el cero y todas las características que se le pueden atribuir, no formaba parte de la historia de las matemáticas. Cuando el cero se incluye en la cultura occidental no cambia nada en el mundo real: las proposiciones que tienen como referencia al cero siguen fallando al referir pues no existe algo así como el número cero, pero dentro de la historia de las matemáticas, podemos hacer uso de un pseudo-predicado de verdad, verdadero en la idea metafórica.

Vale la pena destacar que en la matemática corporeizada de Lakoff y Núñez se mantienen ciertas características clásicas de lo que entendemos como matemáticas normalmente. Dado el hecho que ciertos aspectos del sistema conceptual humano son universales y que poseen mecanismos de preservación de inferencia como las metáforas conceptuales, podemos afirmar que la matemática corporeizada posee estabilidad inferencial. Esto evita que las matemáticas puedan ser consideradas como un área puramente subjetiva. De hecho, con ello permite argumentar eficazmente contra la idea que las matemáticas sean parte de un acuerdo social.

Además de esto, deja abierta la posibilidad de descubrimiento en las matemáticas, pues una vez que se han establecido conceptos matemáticos en una comunidad, ya no es necesaria la evidencia empírica como recurso, basta sólo con el razonamiento. La matemática corporeizada de Lakoff y Núñez no es “monolítica” en el sentido que no existe algo como *la* geometría o *la* teoría de conjuntos, pues presenta una serie de versiones de las áreas de la matemática que son mutuamente inconsistentes,

pero cada versión es internamente consistente.

En última instancia, para Lakoff y Núñez, la matemática es un producto humano que se basa en los recursos que otorga la biología humana y que ha sido moldeada por la naturaleza de nuestros cerebros, nuestros cuerpos, nuestra cultura y nuestra sociedad. Lo más importante a destacar de esto último está en que esto no deja abierta la posibilidad de subjetivismo en matemáticas, ya que las matemáticas se basan en buena medida en las capacidades cognitivas que le son comunes a todos los humanos, por lo que el potencial para las matemáticas es universal.

La matemática corporeizada nos permite, a partir de cada concepto matemático, obtener una metáfora o amalgama conceptual a partir de la cual ese concepto matemático fue generado, ya sea por relación directa con la experiencia, por medio de metáforas entre metáforas o por medio de otro método cognitivo. En ese sentido, en la matemática corporeizada, todo en las matemáticas puede ser ligado en última instancia (a veces por caminos muy largos) a proposiciones sobre nuestras relaciones con el mundo. Esto nos va a permitir afirmar que efectivamente las matemáticas son herramientas, pues los conceptos matemáticos solamente nos sirven para llevar la estructura inferencial de un área a otra. Las matemáticas son efectivas en hacer predicciones acerca de ciertos aspectos del mundo real tal y como *nosotros* lo experimentamos. Las matemáticas son extensiones sistemáticas de los mecanismos de cognición de uso diario. Toda coincidencia entre las matemáticas y el mundo es posible por las capacidades cognitivas humanas, y todas esas coincidencias ocurren en la mente humana.

A modo de resumen, la matemática corporeizada caracteriza las matemáticas como actividad lingüística. Esta nos presenta una semántica uniforme para tratar las afirmaciones matemáticas y las no matemáticas. La efectividad de las matemáticas en el mundo, según esta postura, puede ser atribuida a la evolución y a la cultura, pues la evolución ha moldeado nuestros cuerpos y cerebros de modo que tenemos capacidades neuronales inherentes para las bases de los números y para las relaciones espaciales primitivas. La Cultura por su parte ha hecho posible que millones de observadores de la naturaleza, a través de millones de años de ensayo y error, hayan desarrollado estas herramientas matemáticas cada vez más sofisticadas. La conexión entre las ideas matemáticas y el mundo como una experiencia del ser humano ocurre en la mente de los humanos. Son los humanos los que hemos creado espirales logarítmicas y fractales, y somos quienes “vemos” espirales logarítmicas en los caracoles y fractales en copos de nieve.

7. Causación corporeizada⁸⁹

En capítulos anteriores analizamos las bases de la cognición corporeizada y vimos cómo esta propuesta podía ser extendida al concepto de tiempo. La idea central es que podemos describir a partir de la cognición corporeizada la manera en la que obtenemos aquello a lo que llamamos 'tiempo', sin necesidad de hacer alusión a una entidad independiente, sino que reduciéndolo todo a la experiencia humana y a nuestra estructura biológica que permite dicha experiencia.

Anteriormente (Capítulo 4) hemos visto cómo uno de los componentes más importantes de nuestro concepto de tiempo es aquel que nos permite distinguir una dirección o flecha temporal. Existen varios procesos en el mundo en los cuales se hace patente la asimetría temporal. Estos procesos parecen ocurrir con una orientación temporal particular, por lo que parece casi intuitivo pensar el tiempo de manera asimétrica, pues el mundo al que nos enfrentamos nos estaría revelando esa asimetría. Algunos de los ejemplos de esta asimetría son las flechas de los fenómenos de radiación, la cosmológica y la flecha de la termodinámica⁹⁰.

El origen de la asimetría temporal es además uno de los problemas que involucra temáticas ya clásicas tanto para la filosofía como para la física, ya que la asimetría temporal no descansaría sobre la base de ningún tipo de ley, pues de hecho, las leyes de la física parecen ser simétricas. Propondremos que esto está directamente relacionado con un antropocentrismo en nuestro concepto de tiempo y platearemos que este componente antropocéntrico se origina en gran medida por una reducción del tiempo a los eventos causales, similar a una de las propuestas sobre la dirección temporal presentadas

⁸⁹ Parte de lo trabajado en este capítulo fue presentado de manera preliminar en Núñez Pradenas (2014).

⁹⁰ El problema de las flechas del tiempo fue desarrollado con mayor detención en el capítulo 2.

por el filósofo Hans Reichenbach^{91 92}. A partir de esto, propondremos que el componente antropocéntrico presente en la asimetría temporal viene dado por nuestro concepto de causación.

Ahora bien, en el análisis de la relación de causación, y a raíz de lo complejo de esta relación, varios autores han afirmado que no existe un solo tipo de causación, sino que hay varios tipos, cada uno de los cuales puede ser analizado de manera diferente. Tomando en consideración esto, en este capítulo intentamos mostrar que el aspecto antrópico presente en nuestro concepto de causación ha sido apropiadamente explicitado por el modelo de cognición corporeizada.

Tipos de causación

Pensemos por un momento en una de las más famosas escenas del cine de ciencia ficción: La destrucción de la Estrella de la Muerte en la película Star Wars de 1977 (Episodio IV, la primera película de la saga). En esa escena, el héroe de la película, Luke Skywalker intenta destruir la Estrella de la Muerte. Una breve descripción de esta escena es ésta: El malvado Imperio Intergaláctico, que domina con mano de hierro el universo, es *causa* de la aparición de un grupo de rebeldes que intentarán derrocar al Emperador. Si lo logran, los rebeldes serán *causa* de la caída del Imperio. Para evitar esto, el Imperio construye una estación espacial y arma de destrucción planetaria llamada “La Estrella de la Muerte”. Con esto, la Estrella de la Muerte se transforma en *causa* de que el Imperio continúe su dominio sobre el universo. Por esto, los rebeldes concentran todas sus fuerzas y envían a un grupo de individuos, dentro de los cuales va Luke Skywalker, a *causar* la destrucción la Estrella de la Muerte, lo que a su vez sería, por transitividad causal, *causa* de la caída del Imperio. Pero el Emperador envía a Darth Vader, para que evite que Luke y los rebeldes *causen* la destrucción de la Estrella de la Muerte, quién si cumple con su cometido, *causaría* que la Estrella de la Muerte se mantuviera operativa, la destrucción de la rebelión, y la estabilidad del Imperio. Vader no logra ser *causante* de todo esto, ya que el mercenario Han Solo *causa* que la nave de Vader pierda el control y no pueda ser *causa* de la destrucción de la nave de Luke. Han Solo había desertado de la rebelión, pero el amor que siente por la princesa Leia *causa* que se una a la batalla a último momento. Pero esto no termina aquí: Luke, listo para dar el preciso disparo que *causará* una reacción en cadena que a su vez *causará* la destrucción de la Estrella de la Muerte, prepara los sistemas de puntería automáticos. Pero la voz de su maestro Obi

⁹¹ Reichenbach (1999).

⁹² Glymour y Eberhardt (2016).

Wan resuena, *causando* que Luke dispare sin ayuda de los sistemas. Finalmente Luke logra acertar en el blanco y destruye la Estrella de la Muerte. Estamos frente a una escena de 4 minutos aproximados de duración en donde se conjugan diversos tipos de causas, desde causación directa, pasando por omisiones y prevenciones, entre otros tipos de causación.

Si quisiéramos escudriñar un poco los tipos de causa que podemos encontrar en la escena antes descrita, notaremos, sólo mencionando algunas, causas por omisión, causas por transitividad, causas mentales, causas físicas, causas finales, etcétera. Tomando en cuenta esto, no sería raro hacernos la siguiente pregunta: ¿Qué es aquello que define a la causación? ¿Cuáles son sus características definitorias? Esto es crucial, porque hay algo a lo que le llamamos “causación”, pero dado que vemos que hay muchas variedades de ésta, deberíamos encontrar aquello que comparten todos estos diferentes tipos de causación. Tal vez la pregunta más importante aquí sea ¿existe realmente algo que sea compartido por todo aquello a lo que llamamos causación?

Esta pregunta ha sido formulada muchas veces en la historia de la filosofía. Desde pensadores presocráticos, pasando por Aristóteles y Hume, parece ser que existen varios tipos de causas, varios tipos de causación. Algunos autores como Christopher Hitckock⁹³ o Ned Hall⁹⁴, o algunos más cercanos a nosotros, como Miguel y Paruelo⁹⁵ han puesto en evidencia la existencia de varios tipos de causación. Sin ir más lejos, para Lakoff y Johnson las causas son, entre otras cosas:

- *Sustancia material.*
- *Formas.*
- *Propósitos.*
- *Aplicación de fuerza o poder.*
- *Condiciones necesarias.*
- *Temporalmente anteriores a los efectos.*
- *Leyes de la naturaleza.*
- *Uniformidades de la naturaleza.*
- *Correlaciones o “conjunciones constantes”.*

En el caso de Hitckock y de Hall, ellos sostienen que no existiría algo que sea compartido por todo tipo de causación, sino que existirían dos tipos diferentes de causación. Otros autores son menos conservadores con esto: Hernán Miguel⁹⁶, en un intento por hacer una clasificación lo más exhaustiva posible de la causación, hace una clasificación que incluye 22 criterios diferentes, en donde una causa

⁹³ Hitckock (2003).

⁹⁴ Hall (2004).

⁹⁵ Miguel y Paruelo (1997).

⁹⁶ Miguel (2014).

puede cumplir con más de un criterio, por lo que podemos combinar cada uno de ellos, dejándonos con una enorme cantidad de causas diferentes, y sin embargo, a todo esto le llamamos “causa”. Miguel reconoce los siguientes criterios de clasificación de causación:

- *Respecto a su ocurrencia o no ocurrencia en el mundo.*
- *Respecto a su carácter facilitador del efecto.*
- *Respecto a la localización en el tiempo.*
- *Respecto a su localización en el espacio.*
- *Respecto a su relación nomológica con el efecto.*
- *Respecto de la eficacia en la aparición del efecto.*
- *Respecto a la eficiencia en la aparición del efecto.*
- *Respecto a la conexión modal.*
- *Respecto a la información.*
- *Respecto a su aspecto de especiación.*
- *Respecto a su capacidad causal.*
- *Respecto al marco de fondo elegido*
- *Respecto a la cantidad y tipo de eslabones considerados.*
- *Respecto a las categorías aristotélicas.*
- *Respecto al status epistemológico de la conexión.*
- *Respecto a la contigüidad espacio-temporal.*
- *Respecto a la inclusión de agentes intencionales.*
- *Respecto a la atribución de responsabilidad.*
- *Respecto a la atribución de intencionalidad.*
- *Respecto a su finalidad.*
- *Respecto a su aspecto psicológico – cognitivo.*
- *Respecto a las propiedades formales de la causación (criterio de nivel meta teórico).*

Tomando esto en consideración, es posible obtener conclusiones acausalistas, pues podría ser tomado como indicador de que son los hablantes quienes catalogan los diferentes eventos del mundo en relaciones de causación, ya que si la respuesta a la pregunta sobre qué le es común a todo tipo de causación concluye en una falta de resultados, podríamos pensar que no hay algo externo sino que todo está en la manera en la que clasificamos los distintos hechos del mundo, y que por tanto, tal relación no existe en el mundo independientemente de nosotros. Esto revelaría un aspecto antrópico constitutivo de la causación que debiese ser considerado en el análisis de esta relación en las ciencias.

En lo que respecta al concepto de causa, la propuesta de George Lakoff y Mark Johnson (propuesta cuya parte central fue presentada en el capítulo 3) apunta a que la amplia variedad de causas diferentes radica en que el concepto de causa, entre muchos otros conceptos, tiene muy poco de literal y mucho de metafórico: Las metáforas son constitutivas del concepto de causa. Y estas metáforas son

muchas y emergen de la experiencia corpórea diaria⁹⁷.

Lakoff y Johnson van a iniciar su análisis de la causación sosteniendo que ésta sólo puede ser entendida si la consideramos dentro del lenguaje y del sistema conceptual humano, de modo que las preguntas formuladas acerca de la causación requerirán, a juicio de Lakoff y Johnson, para ser tratadas, que analicemos la estructura misma por la cual conceptualizamos la causación. La causación es, según su enfoque, junto con otros conceptos como *estado*, *acciones*, *cambio* y *propósitos* (por mencionar algunos), un concepto evento-estructurado. Estos conceptos son fundamentalmente conceptos humanos, conceptos que surgen de la biología humana.

Este tipo de conceptos comparten una estructura en común que parece ser la misma en todos los idiomas. Correspondientemente, el investigador de ciencias cognitivas Srinivasa Narayanan⁹⁸ ha mostrado que los conceptos poseen una única estructura que gobierna todos los sistemas neuronales para los movimientos del cuerpo. Lo interesante es que estas dos estructuras, la de los conceptos evento-estructurados y la de los movimientos del cuerpo, parecen ser la misma. La estructura es la siguiente:

Esqueleto literal de los conceptos evento-estructurados

- ♣ *Estado inicial.*
- ♣ *Inicio.*
- ♣ *Fin del inicio.*
- ♣ *Proceso principal.*
- ♣ *Posibles interrupciones.*
- ♣ *Posibles continuaciones o iteraciones.*
- ♣ *Estado resultante.*

Por supuesto, esta estructura es muy básica, pero aporta una estructura inferencial bastante rica. A partir de esta estructura, podemos obtener razonamientos del tipo “si no has empezado, no has terminado” o “Si estás en el estado resultante, ya pasaste por el proceso principal” entre otros. Esto, por supuesto, no basta para caracterizar completamente cada concepto evento-estructurado, y mucho menos

⁹⁷ Lakoff y Johnson (1999), capítulo 11.

⁹⁸ Narayanan (1997).

para distinguirlos entre sí, pero es al menos una base a través de la cual podemos conectar estos conceptos abstractos a nuestras experiencias motoras. Para poder obtener estos conceptos sumamos a esta estructura algunas metáforas, las que no son simples figuras literarias, sino que son completas estructuras inferenciales. Nos referimos a las metáforas cognitivas con mayor detención en el capítulo 3.

Por su parte, el concepto de causa comparte este esqueleto literal con el resto de los conceptos evento-estructurados, pero a su vez, tiene una estructura esquelética literal propia que la caracteriza. Y esta estructura, que sería aquello que comparten todos los tipos de causa es mínima, de modo que es difícil obtener inferencias importantes de ella. El esqueleto literal de la causación, según Lakoff y Johnson, es el siguiente⁹⁹:

- a) *Una causa es un factor determinante para una situación, en donde "situación" refiere a un estado, cambio, proceso o acción.*

Y esto puede ser presentado de otro modo:

- ♣ *Si la causa estuviera ausente y no supiésemos nada más, no podemos concluir que existía dicha situación.*

Podemos notar claramente que lo que Lakoff y Johnson nos están presentando como el esqueleto literal de la causación se parece mucho a la formulación más sencilla de causación como contrafáctico. Ésta definición la podemos encontrar en el mismo David Hume:

*Suitably to this experience, therefore, we may define a cause to be an object, followed by another, and where all the objects similar to the first are followed by objects similar to the second. Or in other words where, if the first object had not been, the second never had existed.*¹⁰⁰¹⁰¹

⁹⁹ Lakoff y Johnson (1999), capítulo 11, pág. 176-177.

¹⁰⁰ Hume (1777), Sección 7, parte 2.

¹⁰¹ Usamos la versión original pues, tal y como lo menciona Miguel (2007), la traducción de Jaime de Salas Ortueta no refleja exactamente el carácter contrafáctico que aparece en inglés: “De acuerdo con esta experiencia, podemos, pues, definir una causa como *un objeto seguido de otro, cuando todos los objetos similares al primero son seguidos por objetos similares al segundo*. O en otras palabras, *el segundo objeto nunca ha existido sin que el primer objeto no se hubiera dado.*” (Enquiry, Sección 7, pág. 101.)

Por supuesto que el problema de los condicionales contrafácticos ha sido suficientemente tratado y conlleva algunas dificultades que no podemos tratar acá, pero vale la pena hacer notar este parecido.

Ahora bien, este esqueleto literal es mínimo, pero esto es lo que va a permitir que a partir de él se puedan obtener toda la variedad de casos que consideramos como causas. Este esqueleto es el mínimo requerido para la conceptualización de lo que consideramos causa, y por esto, le es común a todos los tipos de causación. Sin embargo, para que este esqueleto nos permita obtener aquello que entendemos por causa, es necesario que le demos una mirada a la fuente de dónde obtenemos las inferencias causales. Dentro del trabajo de Lakoff y Johnson esto es de principal importancia, porque lo básico es la experiencia corpórea: Las categorías se forman a partir de la experiencia corpórea, y a partir de la corporeización se generan conceptos más abstractos y sutiles mediante la habilidad imaginativa de la razón, principalmente de la estructuración metafórica. Nuestro concepto de causación estaría entonces fundado en nuestras experiencias comunes, especialmente aquellas experiencias que tenemos en la infancia. La experiencia base, el caso más fundamental de causación, es la manipulación de objetos por la fuerza. El uso voluntario de fuerza corporal para cambiar algo en nuestro entorno es el caso prototípico de causación.

Lakoff y Johnson nos plantean una estructura radial para las categorías de formas de causación (Figura 5), de modo tal que en el centro se encuentra el esqueleto literal de la causación, compartido por todos los tipos de causación. Luego tenemos el caso prototípico de causación ya mencionado y a continuación ubicamos distintos tipos de causación que son variaciones literales del caso prototípico. Estas variaciones incluyen causación indirecta o causación a través de algún agente intermediario, entre otras. Finalmente tenemos extensiones metafóricas de la causación, las que explican el amplio rango de aquello a lo que consideramos causa. Estas ampliaciones se producen principalmente a partir de la metáfora 'Las causas son fuerzas', es decir, las causación abstracta es conceptualizada metafóricamente en términos de fuerza física.



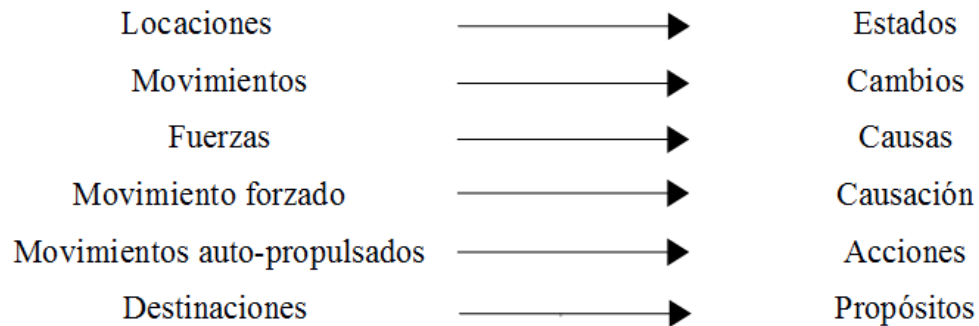
Figura 5

Metáforas para la causación.

Tal y como desarrollamos anteriormente en el capítulo 3, todas las metáforas conceptuales tienen la misma estructura. Cada una de ellas es una conexión unidireccional entre unas entidades de un dominio conceptual y otras entidades de otro dominio conceptual. La función principal de las metáforas conceptuales es permitirnos razonar acerca de dominios relativamente abstractos usando la estructura inferencial de dominios relativamente concretos, y es específicamente esto lo que nos permitirá entender el concepto de causa, pues a partir de una metáfora podemos obtener un gran número de inferencias que originalmente pertenecen al dominio de origen, ahora aplicadas al dominio de llegada. Por supuesto, la cantidad de metáforas que podemos encontrar en este nivel para la causación es bastante amplio, pero nos concentraremos en dos de las metáforas principales para la conceptualización de lo que entendemos por causa. Las dos metáforas básicas para la causación que presentaremos

proviene a su vez de dos metáforas fundamentales: Las causas son fuerzas (antes mencionada) y Los cambios son movimientos. La primera de las metáforas básicas es la metáfora evento-estructurada de locación, en donde los eventos son conceptualizados en términos de locaciones. El mapeo principal es el siguiente:

La metáfora evento-estructurada de locación



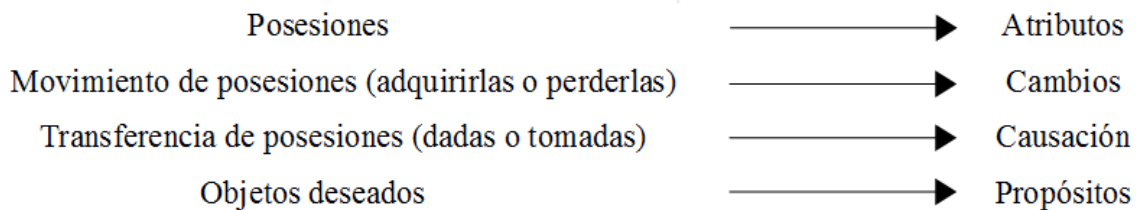
Esta metáfora nos permite conceptualizar los eventos en términos de nuestra experiencia con el movimiento. Aquí, el dominio de origen es el movimiento en el espacio y el dominio de llegada son los eventos. Es muy importante destacar que acá estamos hablando de dominios conceptuales, pues de otro modo se podría objetar que los movimientos en el espacio también son eventos, por lo cual habría un subdominio que funciona de origen para el dominio en general. Sin embargo, esto no se aplica en la metáfora, porque para Lakoff y Johnson la conceptualización de los eventos (y no los eventos mismos) es posterior a la experiencia de mover objetos.

Volviendo al análisis de la metáfora, notamos que en ella las causas generan cambios del mismo modo en que la fuerza genera movimiento, y causar un cambio de un estado a otro opera de la misma manera en la que una fuerza mueve a un objeto de una locación a otra. Por supuesto, podemos seguir obteniendo inferencias que se trasladan de un dominio al otro, lo que solo refuerza la riqueza del mapeo. Esta riqueza está sustentada por la gran cantidad de conocimiento que tenemos, gracias a la experiencia, acerca de nuestros propios movimientos y el movimiento de otros (objetos o personas) en el espacio. Tal y como lo expresan Lakoff y Johnson, en gran medida dentro de estos mapeos “la lógica de los movimientos forzados es la misma que la lógica de la causación”.¹⁰²

¹⁰² Lakoff y Johnson (1999), página 186.

Sin embargo, como antes mencionamos, ésta no es la única metáfora. Más allá de las múltiples metáforas que podemos asociar a la causalidad (especialmente tomando en consideración, obviamente, las extensiones metafóricas del concepto), el mapeo conceptual antes presentado es dual, pues existe otra metáfora que utiliza el mismo contenido pero varía en la orientación fondo-figura. Más específicamente, lo que ocurre con esta metáfora es que podemos asociarla a otra metáfora de modo tal que algunos elementos que en la metáfora de locación son fijos (específicamente los estados como locaciones), en esta nueva metáfora, serán móviles. Esta es la metáfora evento-estructurada de objeto. La metáfora anterior se centra en que los estados son locaciones, mientras que en esta metáfora se centra en los Atributos son posesiones, pues los atributos son considerados objetos que se pueden tener o perder. El mapeo principal es el siguiente:

La metáfora evento-estructurada de objeto



El cambio de orientación fondo-figura se muestra ahora con más claridad. Pensemos en las proposiciones 'Luke está en problemas' y 'Luke tiene problemas'. La primera corresponde al primer mapeo, ya que los problemas son conceptualizados como algo en lo que se está, como una locación. A partir de esa metáfora se desprende el resto del mapeo, causación incluida. Por otro lado, la segunda proposición corresponde al segundo mapeo, ya que los problemas son conceptualizados como algo que se tiene, los problemas son un objeto. Acá la causación será entonces traspasar ese objeto. En este segundo mapeo también se utiliza la metáfora 'Las causas son fuerzas' y 'Los cambios son movimientos', pero al usar la metáfora 'Los atributos son posesiones' el mapeo cambia radicalmente, pues hay un cambio en la lógica que nos permite obtener inferencias, ya que en el primer mapeo la fuerza causal se aplica a la parte afectada (en nuestro ejemplo, sobre Luke, de modo que salga de esa locación/estado), mientras que en el segundo mapeo la fuerza causal recae en el objeto poseído (en este

caso, sobre los problemas de Luke). Las conceptualizaciones implicadas en cada mapeo tienen orientaciones fondo-figura opuestas. En la metáfora de Locación, la entidad afectada es la figura, Luke, el que se mueve de una locación a otra. Aquí, las locaciones son el fondo, por lo tanto, los problemas como estado son fondo y no figura. Por otra parte, y de manera diferente, en el caso de la metáfora de Objeto, la figura será el objeto poseído, en este caso, los problemas, y el rol de fondo recaerá sobre aquello que el objeto debe abandonar, en este caso, Luke.

La dualidad metafórica está entonces en que los dos mapeos pueden ser considerados uno el inverso del otro cambiando la orientación fondo-figura. Esta reversibilidad forma parte de la cognición humana, no es una característica independiente u objetiva de la realidad, no podemos encontrar una conceptualización neutral de la causación. Estos mapeos son contrarios entre sí, en el sentido en que podemos tener uno o el otro, pero no los dos al mismo tiempo pues los elementos involucrados cambian sus roles y la fuerza causal cae en elementos distintos. La manera de conceptualizar la causación que nos ofrece cada una de las metáforas es incompatible con la otra.

El análisis de la causación presentado por Lakoff y Johnson no se agota acá. Cada uno de los mapeos presentados tiene a su vez sub-mapeos que permiten extender el concepto de causa gracias a otras metáforas que se van agregando. Cada una de estas extensiones muestra cómo hemos aplicado causa de manera distinta, y como cada vez que hay una metáfora diferente, lo que tenemos es un tipo de causación con características distintas. Del análisis de Lakoff y Johnson no se desprende que no hayan causas en el mundo, o que la causación sea algo puramente subjetivo, sino que se trata de un enfoque en donde el acento está puesto, por un lado, en nuestras bases biológicas, y por otro, en la experiencia humana, como los elementos involucrados en la construcción conceptual de la relación de causación.

8. Problemas de la causación en mecánica cuántica

En el capítulo anterior analizamos uno de los que consideramos principales componentes de nuestro concepto de tiempo: la causación. Dentro de ese análisis vimos cómo es que varios autores se han planteado la existencia de distintos tipos de causación y notamos las diversas dificultades existentes a la hora de intentar encontrar aquello que le es común a todos los tipos de causación. Para eso propusimos que la cognición corporeizada puede dar cuenta de los múltiples tipos de causación, y que esta se presenta como un buen modelo capaz de hacerse cargo de las dificultades asociadas este concepto, ya que la cognición corporeizada nos presenta que la clave está en el aspecto antrópico presente en aquello que entendemos por causación.

Y si bien el tópico de la causación en la ciencia es amplio y tiene muchas aristas (y está lleno de problemas), en este capítulo nos concentraremos mostrar que algunos de los más desafiantes casos acerca de la causación provienen de la mecánica cuántica. Veremos cómo es que en la física, el estudio de los sistemas cuánticos nos ha llevado a cuestionar algunos de nuestros conceptos abstractos más intuitivos. Un ejemplo de esto es la posibilidad de que el tiempo sea simétrico, es decir, que no haya una real diferencia entre una dirección temporal y otra. Aceptar esto podría ser útil para resolver algunos de los misterios de la mecánica cuántica como la no-localidad o la indeterminación. Sin embargo, parece que dar este paso involucra un paso aún mayor: Aceptar la idea de que pueden haber relaciones causales que permiten correlaciones preinteractivas, o dicho de otro modo, esto aceptar la posibilidad de que exista retrocausación o causación-hacia-el-pasado.

Una de las interpretaciones no estándar de la mecánica cuántica está basada en la teoría del absorbedor de Feynman y Wheeler, la llamada 'interpretación transaccional'. Esta interpretación aceptaría interacciones causales desde el futuro hacia el pasado. Este tipo de interacción causal es la llamada 'retrocausación'. La principal ventaja de esta interpretación es que gracias a la retrocausación,

tendría la capacidad de resolver efectivamente algunas de las características más perturbadoras derivadas de la mecánica cuántica respetando relatividad a través de un modelo de causación física. Por este motivo, algunos filósofos contemporáneos como Phil Dowe o Huw Price se han mostrados favorables a que nuestras teorías sobre la causación consideren al menos la posibilidad de interacciones causales hacia el pasado. El modelo de retrocausación permitiría, a juicio de Dowe, por un lado mantener un modelo de causación física en mecánica cuántica que se ajuste a su teoría de las cantidades conservadas, y por otro, respetar localidad y con esto, relatividad.

Los objetivos de este capítulo son presentar algunos de los problemas específicos que nos plantea la cuántica respecto a la causación y luego dar espacio para sostener, a partir de la causación corporeizada presentada anteriormente y su enorme plasticidad como concepto, la posibilidad de causación hacia el pasado, explicando de paso las muchas dificultades que tenemos al postularla y de por qué ésta nos parece tan poco intuitiva. Plantearemos que la raíz de estas dificultades está en nuestro limitado acceso a los eventos del mundo microfísico de la cuántica y a la relevancia de nuestra experiencia de los eventos en la construcción del concepto de causación.

Causación y mecánica cuántica

La mecánica cuántica es una de las teorías más exitosas en la historia de las ciencias. Sin embargo, desde sus inicios que esta nos ha enfrentado a algunos problemas teóricos que dependen principalmente de la interpretación del formalismo matemático que le da soporte. Uno de los problemas clásicos asociados con la mecánica cuántica es el presentado por Albert Einstein junto a Boris Podolsky y Nathan Rosen en el paper de 1935 llamado "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?", en donde Einstein y sus colaboradores proponen a través de la conocida paradoja Einstein-Podolsky-Rosen (paradoja EPR) que si el formalismo subyacente a la mecánica cuántica es interpretado de manera realista como una teoría que nos da una descripción completa de un mundo indeterminista, deberíamos aceptar situaciones que pueden en principio, ser consideradas como “perturbadoras”, como negar el principio que establece que dos objetos que se encuentran lo suficientemente alejados el uno del otro no pueden interactuar sino dentro de un tiempo determinado. Dicho en otras palabras, tendríamos que aceptar, entre otras cosas, no-localidad. Por esto

es que Einstein, Podolsky y Rosen concluyeron que debían existir variables locales ocultas para que de ese modo se pudiera evitar la no-localidad.

El experimento mental de la paradoja EPR, es básicamente el siguiente: Tomemos en consideración un par de partículas, P_1 y P_2 , las que se separan de un estado-origen F . Diremos que en F , P_1 y P_2 interactuaron. Estas partículas se encuentran en un estado cuántico Ψ_1 y Ψ_2 respectivamente, los que al ser medidos, pueden colapsar en los estados A o B , estados que son incompatibles el uno con el otro. Estas mediciones podemos considerarlas interacciones causales entre el experimentador y las partículas en cuestión (Figura 6).

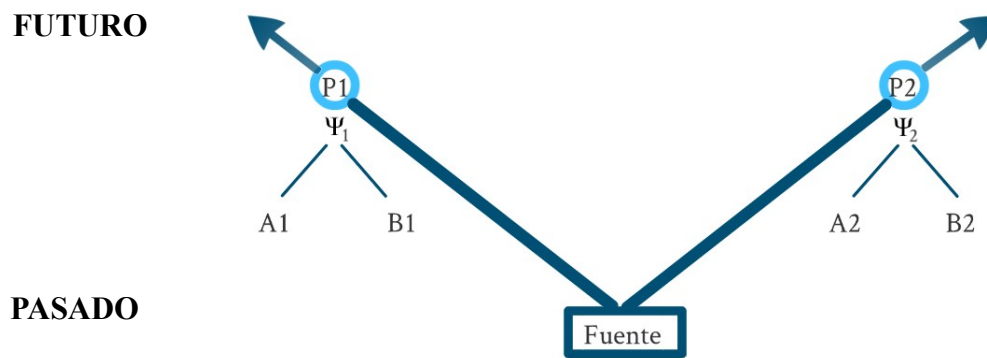


Figura 6

Realizamos a continuación una medición M_1 en la partícula P_1 obteniendo como resultado que ésta colapse a A_1 . Dada la aplicación de las leyes de la mecánica cuántica y considerando que el experimento ha sido realizado correctamente, la medición M_1 nos permitirá conocer el resultado de la medición correspondiente P_2 , A_2 (Figura 7). Se podría considerar que la medición M_1 modificará de manera simultánea el resultado de la medición en P_2 , A_2 , independiente de la distancia que separe a las partículas.

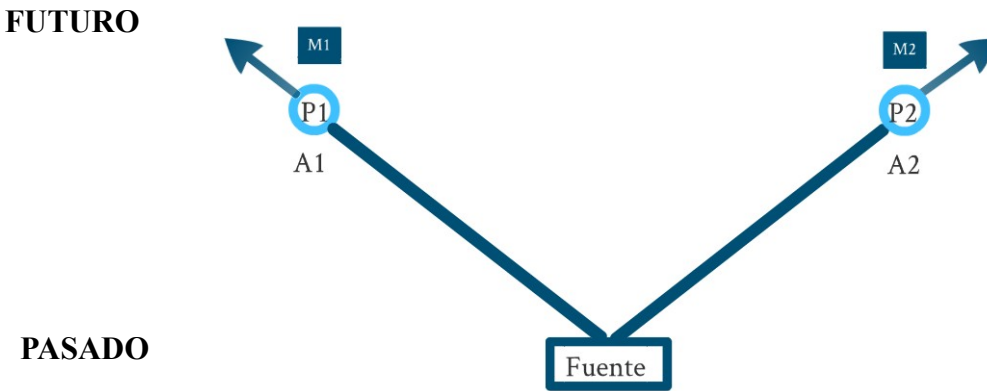


Figura 7

Sin embargo, en 1964, el físico John Bell presentó un argumento matemático que atacaba las conclusiones de Einstein, demostrando que la suposición de localidad era contradictoria con las predicciones de la mecánica cuántica, de modo que cualquier teoría del mismo tipo que fuese más completa debería asumir también la no-localidad. Estos resultados recibieron un fuerte soporte más tarde a través una serie de experimentos, siendo uno de los más conocidos el trabajo de Alain Aspect en 1982. Estos experimentos han puesto en tela de juicio las formas de explicación causal otorgada por los distintos enfoques tradicionales sobre la causación, pues parece que en el microuniverso de la mecánica cuántica la causación tiene ciertas características radicalmente diferentes a las que hasta ahora se le han atribuido.

Existen muchas maneras de explicar los resultados obtenidos por los experimentos antes mencionados en lo que respecta a nuestra visión sobre la causación. Esto, entre otros varios problemas, es lo que ha llevado a que existan varias interpretaciones de qué es lo que la mecánica cuántica nos está diciendo con su formalismo. Lo que comparten casi todos estos enfoques es que llevan a replantear o a reconsiderar aquello a lo que consideramos causación. Algunos de los enfoques propuestos para tratar el tópico de la causación en mecánica cuántica requieren considerar que causa y efecto no siempre están conectados por procesos continuos, mientras que otros enfoques plantean que la causación en cuántica actúa de manera instantánea a distancia. Otra manera de intentar resolver el problema de la causación en cuántica es dejar espacio a la posibilidad de que una causa ocurra después de su efecto. Cayendo en la falacia del hombre de paja por cuestiones de simplificación, presentaré algunas de las

más interpretaciones más reconocidas.

La interpretación de Copenhague fue el primer intento de dar una explicación al mundo que nos presenta la mecánica cuántica y es probablemente la interpretación más popular. Suele resumirse en la frase 'no me pregunte por eso', aun cuando claramente esta es una caricaturización de una postura más compleja. Dentro de los nombres asociados a esta interpretación podemos encontrar a Niels Bohr y a Werner Heisenberg¹⁰³ entre muchos otros. Debido al gran número de científicos que han apoyado y desarrollado esta interpretación es que existen varias versiones de ella. Sin embargo, existen algunos conceptos generalmente aceptados por quienes defienden esta interpretación. Una de las características comunes para las diferentes versiones de esta interpretación está en que la función de onda es sólo un concepto teórico, y por tanto nada puede decirse antes del colapso de la función de onda. No hay ninguna postura respecto a la realidad antes de eso. Incluso en algún momento se hablaba de que en cuántica existía un 'lado seguro' en los experimentos, el lado del investigador, en donde el mundo es clásico. Este rol del experimento se hace explícito en Bohr, quien consideraba que la interpretación de una teoría física debiese siempre depender de la práctica experimental. Esta práctica experimental estaría enmarcada dentro de nuestras posibilidades de experiencia pre-científica.

Otra de las interpretaciones que tiene bastantes adeptos es la interpretación de muchos mundos. En esta interpretación no hay colapso de onda, sino que hay distintas historias o distintos universos (o mundos) que se despliegan en cada medición. Esto no está exento de problemas, pero tal vez el más claro es que nos va a llevar a tener que postular la existencia de entidades 'ontológicamente sospechosas' como los mundos posibles, lo que complica bastante las cosas principalmente porque estamos hablando de causación física, y si aceptamos este tipo de entidades vamos a tener que explicar cómo es que se produce físicamente la interacción entre ellas y nuestro mundo, o directamente explicar en qué sentido los mundos posibles podrían considerarse entidades físicas (si es que realmente queremos aceptar esto).

También podemos encontrar la Interpretación de de Broglie–Bohm, la que originalmente era una interpretación de variable oculta que incluía localidad, la que postulaba la existencia de una 'onda piloto'. Esta interpretación tuvo que enfrentarse también al problema planteado por Bell y que por tanto tuvo que o descartar realismo o localidad, quedándose con la primera. Esto la va a dejar en

¹⁰³ Sin embargo, vale la pena destacar que entre ellos no tenían un común acuerdo sobre lo que se entiende en el formalismo de la mecánica cuántica.

contradicción con la relatividad, por lo que el problema queda no resuelto.

Tal vez una de las interpretaciones más polémicas, y una de las que goza de mayor difusión actualmente es la Interpretación de von Neumann/Wigner, la que básicamente postula que las consciencias humanas son necesarias para el proceso de medición. Esta interpretación ha sido a su vez reinterpretada por algunos seguidores de corrientes 'New Age' para afirmar que la mecánica cuántica estaría aceptando que la realidad es modificada por la consciencia.

Existe también la llamada “Interpretación Transaccional” de la mecánica cuántica, defendida principalmente por el físico John G. Cramer¹⁰⁴, y será esta la interpretación que centrará nuestra atención. La posición de Cramer se basa en la teoría de la absorción de Wheeler – Feynman. Esta teoría es una interpretación a la electrodinámica que considera que la solución a las ecuaciones de campos electromagnéticos tiene que ser simétrica con respecto al tiempo. Según esta interpretación, los eventos cuánticos se entienden como interacciones causales entre ondas retrasadas viajando hacia adelante en el tiempo y ondas avanzadas viajando hacia atrás en el tiempo. En palabras de Cramer, un evento es una transacción entre estas ondas, en dónde se genera un intercambio en un doble sentido entre futuro y pasado para los propósitos de transferir energía, momentum, etcétera.

Bajo cierto punto de vista, este último modelo estaría aceptando la existencia de causación-hacia-el-pasado o retrocausación. Aplicado a nuestro ejemplo de las partículas, en cuanto se realiza la primera medición sobre la partícula P_1 , algo ocurre en P_1 , viajarían estas ondas avanzadas hacia el punto en el pasado en que las partículas están en contacto de modo que haya interacción local y desde ahí se produciría la causa de la medición en la partícula P_2 .

Retrocausación

El filósofo australiano Phil Dowe presenta esta última interpretación de la mecánica cuántica en su libro *Physical Causation* como una manera de salvar el concepto de causalidad física en la mecánica cuántica. Uno de los problemas que surgen a raíz de las diversas interpretaciones de antes descritas es justamente el cómo hacernos cargo de la causalidad física, pues muchas de estas interpretaciones hacen alusión entidades no físicas o a mecanismo no físicos de iteración, mientras que la interpretación

¹⁰⁴ Cramer, 1986.

transaccional deja todo en un nivel físico de ondas en principio medibles. La idea de Phil Dowe es justamente darle soporte a su propia versión de la causación física, la que se basa en la idea de las cantidades conservadas. Si aceptamos entonces la existencia de estas ondas avanzadas que viajan hacia el pasado y de las ondas retrasadas que viajan al hacia el futuro, estaríamos frente a las cantidades conservadas del modelo de causación física de Dowe.

Vale la pena destacar de todos modos que esto último no está exento de problemas, ya que las ondas a las que Cramer se refiere, aun cuando deberían ser ondas físicas, en última instancia no son medibles realmente, por lo que no calzan completamente como cantidades conservadas. Por otra parte, la interpretación transaccional tiene otros problemas adicionales, ya que la idea de causación que se desprende directamente del trabajo de Cramer no es realmente retrocausación, sino que más bien presenta la interacción causal como un proceso completo, no considerando la distinción pasado-futuro. De todos modos, haciendo las salvedades y dejando en claro los problemas a los que nos enfrentamos, podríamos pensar que aquí hay una posible solución que nos permitiría compatibilizar por un lado el formalismo de la mecánica cuántica en su versión realista y no violar relatividad porque se conservaría la localidad.

La retrocausación, o causación-hacia-el-pasado, intenta postular un proceso físico definido para explicar la conexión entre la medición de una partícula y el resultado de la otra, tal y como lo vimos anteriormente en el caso de la paradoja EPR. La propuesta central para este caso sería que la medición M_1 en el presente va a causar cambios en la fuente de origen en el pasado, la que a su vez va a ser la causa del resultado A_2 (Figura 8).

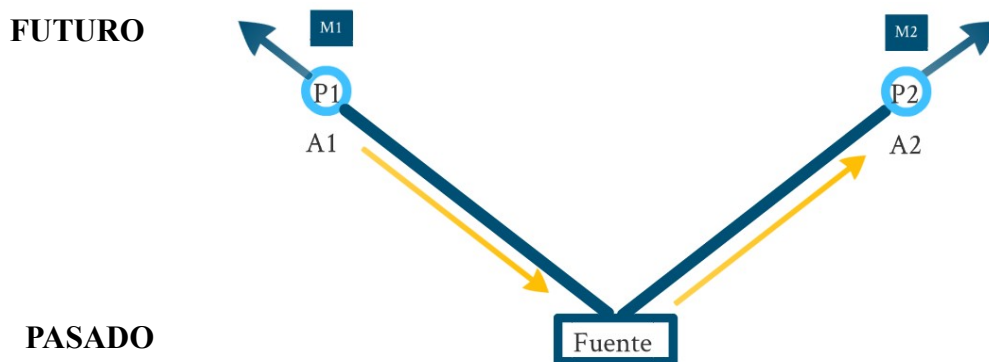


Figura 8

Una de las diferencias principales entre el enfoque de la retrocausación y las otras opciones es que permitiría explicar de manera realista las predicciones de la mecánica cuántica sobre la función de onda, ya que presenta un mecanismo físico bien definido, compatible en principio con la teoría especial de la relatividad (a diferencia de la idea de influencia superlumínica), sobre qué mediciones pueden afectar a otras mediciones. La medición en P_1 genera influencia causal que se propaga hacia atrás en el tiempo hasta el punto cuando ambas partículas convergían, en donde es responsable en parte por algunas de las características ocultas en el estado de ambas partículas. Estas características a su vez son causalmente responsables del resultado de la medición M_2 en P_2 . Gracias a esto, el enfoque de la retrocausación es compatible con algunos modelos de causación física que requieren de traspaso de marca o intercambio de cantidades conservadas como el modelos de Wesley Salmon¹⁰⁵ o el ya mencionado modelo de Phil Dowe, solo que este intercambio se produce en el pasado.

Vale la pena destacar que dentro de este enfoque sobre la causación no se está poniendo en juego el problema de la dirección causal, ya que, de hecho, la asimetría causal (asumámosla o no) no garantiza asimetría temporal. Y es éste el punto de la retrocausación al ser un enfoque en donde la causa pueda estar temporalmente después del efecto.

Por otro lado, el enfoque de la retrocausación no está exento de problemas. Algunas de las objeciones más comunes son que la retrocausación involucra fatalismo, o que niega el libre albedrío. La causación-hacia-el-pasado también deja abierta la posibilidad de generar loops causales, en donde un evento a causa un evento b , el evento b causa un evento c , y este causa el evento a (podemos pensar esta “cadena causal” con más o menos eventos). En gran medida es por estos problemas que la retrocausación no goza de gran aceptación¹⁰⁶.

Independientemente de la pregunta por cuál es el modelo correcto para interpretar situaciones como la de la paradoja EPR y de si aceptamos la idea de que puede haber relaciones causales que permiten correlaciones preinteractivas, a lo que nos enfrentamos es un punto en donde la física podría estar pidiéndonos un nuevo enfoque sobre la causación. La mecánica cuántica parece poner en cuestión

¹⁰⁵ Salmon, 1984.

¹⁰⁶ He escrito al respecto en un artículo anterior en donde expongo algunos problemas epistemológicos asociados a la retrocausación (Núñez Pradenas, 2012).

los enfoques tradicionales al respecto, y deberíamos al menos intentar explicar cómo es que podemos pensar a la causalidad con características diferentes “especiales” y cuáles son las dificultades a las que nos enfrentamos para poder comprender estas caracterizaciones de aquello que entendemos por causalidad. Debemos también ser capaces de entender de dónde provienen las dificultades que estas características especiales presentan, pues podrían no ser provenientes de la causación. Esto nos lleva nuevamente a tener en cuenta los distintos tipos causación y a aquel ingrediente antrópico planteado en el capítulo anterior, pues es posible que a fin de cuentas y reparando en que no parece existir un enfoque sobre la causación claro y unívoco, lo que esté ocurriendo en el mundo microfísico de la mecánica cuántica sea difícilmente encasillable dentro de lo que llamamos causación. De hecho, el filósofo Brian Skyrms¹⁰⁷ plantea que cuando hablamos de causación en cuántica estamos operando con al menos tres teorías de la causación distintas, más algunos principios adicionales como la localidad y la prioridad temporal.

¿Retrocausación corporeizada?

Podemos notar que el trabajo presentado sobre la causación corporeizada nos permite, a partir de bases cognitivas, explicar la existencia de múltiples formas de causación, y de hecho, niega la existencia de algo único a lo que llamamos causación pues cada uno de estas múltiples formas tiene una lógica diferente. Pero extendiendo esto al campo de la causación en el universo microfísico, si aceptamos lo planteado por Lakoff y Johnson, tenemos entonces que aceptar que la causación no puede ser una característica objetiva del microuniverso, puesto que toda la conceptualización de la causación es metafórica, y las metáforas no pueden ser una parte objetiva del microuniverso (ni del mundo en general).

Por otro lado, la conceptualización de la causación corporeizada tiene como principal protagonista la experiencia humana. Pero no tenemos experiencia directa del mundo cuántico, por lo que podemos esperar que si hay algo parecido a la causación en el mundo microfísico, podría ser necesario conceptualizarla de manera diferente, o de manera más radical, definitivamente negar que la causación sea algo apropiado para ser aplicado en el microuniverso, lo que de paso explicaría los problemas asociados a la causación en mecánica cuántica.

¹⁰⁷ Skyrms (1984).

Sin embargo, no es necesario llegar a tan radical conclusión, o al menos podemos intentar matizarla. El modelo de causación corporeizada consiste en su estructura radial antes presentada (Figura 5, en el capítulo anterior), por lo que no necesitamos realmente mantenerlo siempre anclado a la experiencia física, pues si así fuese, descartaríamos cualquier causalidad que se alejase de las extensiones literales de la causación prototípica, y justamente las extensiones metafóricas nos permiten “despegar”, dándole riqueza y plasticidad al concepto. Son las extensiones metafóricas de la causación las que nos permiten hablar de muchos tipos de causación. Además, sea cual sea el enfoque que tomemos de la causación aplicada a la mecánica cuántica (por mencionar a aquellos antes mencionados: retrocausación, causación superlumínica o causación a distancia), podemos asegurar al menos un nivel literal que estaría otorgado por el núcleo de la estructura radial: El esqueleto literal. Esto es condición necesaria para hablar de causación, y mientras consideremos que existen factores determinantes reales en el mundo, podemos afirmar que el concepto de causación queda de algún modo legitimado en el esqueleto literal.

Ahora bien, aun cuando tenemos plasticidad del concepto causa, este se ve limitado por nuestras consideraciones científicas, de modo que no basta con elegir arbitrariamente un modelo de causalidad en mecánica cuántica. Las metáforas conceptuales preservan las inferencias, y dado que estas inferencias pueden tener consecuencias no metafóricas, podemos en muchos casos probar si es que una metáfora científica es apropiada o no lo es. Cuál es entonces el modelo de causalidad apropiado para el microuniverso puede ser algo que estará por probarse y de lo que se necesitará evidencia experimental que avale la elección¹⁰⁸. El límite de la velocidad de la luz para las interacciones causales viene dado por la ciencia, específicamente por relatividad especial, y si pensamos en algunas ideas sobre la causación más antiguas (previas a la Modernidad tal vez), la causalidad no estaba limitada por la distancia tampoco. Con esto no queremos validar este tipo de causación sino que queremos hacer hincapié en que en nuestra experiencia diaria, y dado que podemos pensar la causación a partir de la correlación, podemos incluso dejar de lado el requisito de contigüidad espacial. En ambos ejemplos nos mantenemos aún con el esqueleto literal e incluso podemos afirmar estos dos modelos de causación no se alejan tanto de la causación prototípica y sus extensiones literales.

Por otro lado, el requisito de temporalidad es mucho más difícil de dejar de lado. No parecen

¹⁰⁸ En un trabajo en coautoría con Hernán Miguel planteamos un modelo experimental para poder obtener evidencia experimental de retrocausación para experimentos del tipo Aspect. El trabajo fue presentado en el congreso AFHIC 2012.

abundar ejemplos en los que se crea que el pasado puede ser afectado causalmente por el futuro. Parece muy contraintuitivo pensar en la causación-hacia-el-pasado, y el origen de esta dificultad puede ser explicado por el enfoque de Lakoff y Johnson. La causación prototípica, fundada en la experiencia, implica que la causa ocurre antes que el efecto, y de hecho, es a partir del caso prototípico de causación que surge una metáfora primaria en la construcción del concepto de causación: Prioridad Causal es Prioridad Temporal. No es entonces de extrañar que algunas teorías causales incluso identifiquen la relación causal con la prioridad temporal, como es el caso de David Hume¹⁰⁹ para quien la dirección causal está dada por la dirección del tiempo, descartando por definición la posibilidad de retrocausación. Sin embargo, la retrocausación cumple con el esqueleto literal. Si hacemos un análisis contrafáctico del caso EPR, deberíamos aceptar que los resultados de las mediciones de cada lado de éste están causalmente conectados. Quedarnos sólo con el esqueleto literal sería obtener un concepto de causación muy empobrecido, y la retrocausación no se limita a los condicionales contrafácticos. De hecho, si dejamos fuera a la metáfora de Prioridad Causal es Prioridad Temporal, la retrocausación se comporta como una de las extensiones literales de la causación, motivo por el cual se presenta como un buen modelo de causación física para casos específicos en mecánica cuántica. La retrocausación en principio se muestra compatible con nuestras teorías científicas actuales.

¿Podemos entonces simplemente dejar de lado la metáfora de Prioridad temporal? Esta metáfora, al provenir del caso prototípico de causación, se origina en nuestra experiencia directa, y tal como antes fue mencionado, puede que sea necesario reconsiderar el rol de la experiencia para un universo del cuál no tenemos experiencia directa. De esto surge la relevancia de poder obtener algún tipo de resultado experimental que pueda avalar el modelo de retrocausación. Si bien esto no es una limitante real para poder plantear un modelo de causación especial, evitaríamos que la elección del modelo causal sea arbitraria, y considerando que el modelo es en principio contraintuitivo, el respaldo parece ser algo más que una sugerencia.

De todos modos, el modelo de retrocausación (al igual que otros modelos causales) presenta las dificultades filosóficas mencionadas anteriormente: loops causales, fatalismo, negación del libre albedrío. Por ejemplo, si consideramos que la retrocausación es literalmente verdadera, los individuos involucrados en una experiencia como las de Aspect no podrían ser libres de no realizar ciertas mediciones, ya que si los efectos están en el pasado y esto ya ocurrieron, esperaríamos que las causas futuras se den necesariamente. Esto involucraría también pensar en que pasado, presente y futuro tienen

¹⁰⁹ Hume, (1740).

un mismo estatus ontológico. Pero esto es llevar las metáforas demasiado lejos. Si aceptamos que la causación, y por tanto el modelo de retrocausación incluido, están contruidos en gran medida por las metáforas conceptuales, no debiésemos interpretar sus conclusiones metafísicas de modo literal, pues esto es lo que implica consecuencias perturbadoras. Por supuesto, si esto es así, notaremos que los problemas de causación en mecánica cuántica se ven reducidos a esta “extensión ilícita” y por lo tanto, postular retrocausación se vuelve innecesario.

9. Cambiando el pasado: Midiendo la retrocausación¹¹⁰

Hemos visto cómo es que desde sus orígenes, la mecánica cuántica nos ha enfrentado a una serie de “misterios” que se desprenden de ella si es que consideramos esta teoría científica desde una perspectiva realista. En los primeros años del desarrollo de la teoría, científicos de la talla de Albert Einstein notaron las consecuencias de aceptar una teoría como ésta, la que permitiría fenómenos como la *no-localidad*. Esto llevó a una parte de la comunidad científica a considerar que la mecánica cuántica era una teoría incompleta, pues debían existir variables que pudieran explicar los fenómenos “perturbadores” tales como la correlación entre partículas entrelazadas.

Tal y como hemos visto anteriormente (capítulo 8, sección “Causación y mecánica cuántica”), ya en sus inicios se han propuesto diferentes interpretaciones de la mecánica cuántica que han intentado develar o explicar la realidad subyacente a su formalismo, y nos concentramos en una de estas interpretaciones, la llamada “Interpretación Transaccional” de la mecánica cuántica, defendida principalmente por el físico John G. Cramer¹¹¹. A partir de esta interpretación, los eventos cuánticos podrían ser entendidos como interacciones causales entre ondas retrasadas viajando hacia adelante en el tiempo y ondas avanzadas viajando hacia atrás en el tiempo. Notamos cómo esta interpretación abre la puerta para aceptar un modelo de causación hacia el pasado o retrocausación.

Autores como Phil Dowe¹¹² o Huw Price¹¹³ han mostrado una postura favorable a un modelo de retrocausación por la capacidad de resolver efectivamente algunas de las características más

¹¹⁰ Parte de lo desarrollado en este capítulo ha sido trabajado anteriormente en coautoría con Hernán Miguel en Miguel y Núñez (2016).

¹¹¹ Cramer (1986).

¹¹² Dowe (2000).

¹¹³ Price (1997).

perturbadoras derivadas de la mecánica cuántica. A pesar de que el costo intuitivo es bastante alto, la retrocausación es una de las interpretaciones posibles de los resultados de la correlación entre partículas entrelazadas que nos provee un marco explicativo con algunas ventajas interesantes. Por este motivo, nos hemos concentrado particularmente en el modelo de la retrocausación, y en el capítulo anterior vimos cómo es que sería posible llegar a concebirlo desde la perspectiva de la cognición corporeizada. Sin embargo, pudimos notar también que dada la enorme relevancia que tiene la experiencia en la formación de conceptos en la cognición corporeizada, se hace necesario contar con alguna manera de acceder experiencialmente a algo así como un fenómeno retrocausal, que bajo el modelo de la interpretación transaccional, eso no es posible. Adicionalmente, en mecánica cuántica no vamos a poder realizar mediciones sin, por ejemplo, hacer colapsar el estado de una partícula en un estado medible, de modo que no habría manera de medir sin modificar aquello que se quiere medir.

En este capítulo ahondaremos en la retrocausación pues ésta podría otorgarnos un modelo explicativo generalizable para algunos de los casos más complejos de la mecánica cuántica, y plantearemos que la retrocausación podría presuponer procesos y entidades que no quedan solamente en el campo especulativo sino que permitirían arreglos experimentales en los que podrían ser medidos. Será esta última posibilidad la que nos permitiría aceptar que realmente estamos teniendo alguna experiencia empírica comprobable de retrocausación en el mundo microfísico y si podemos efectivamente tener acceso a dicha experiencia, podríamos entonces validar la retrocausación más allá de una mera extensión metafórica del concepto de causa, como vimos anteriormente.

Experiencias en el mundo cuántico

Anteriormente, en el capítulo 8, vimos los problemas denunciados por Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen a través de la conocida paradoja EPR¹¹⁴, en la que se muestra cómo es que la entonces naciente mecánica cuántica presentaba problemas si es que aceptábamos que ésta nos da una representación de la realidad física. Más específicamente, Einstein y sus colaboradores concluyen su ya famoso trabajo de 1935, según el cual la mecánica cuántica seguramente debía ser, en su estado de desarrollo a la fecha, una teoría incompleta, pues si aceptamos que bajo su formalismo subyace cierta realidad, tenemos que aceptar ciertos fenómenos perturbadores o poco intuitivos, como la existencia de partículas entrelazadas. Esto no sólo es problemático explicativamente, sino además entraría en

¹¹⁴ Einstein, Podolsky y Rosen (1935)

contradicción con la física relativista. Por esto es que Einstein pensó que debía existir algún elemento faltante en esta descripción de la realidad que pudiera dar cuenta de todas las consecuencias involucradas en la mecánica cuántica sin tener que aceptar, por ejemplo, algún mecanismo de acción a distancia. Einstein y sus colaboradores, por lo tanto, apelaban a que la cuántica no podía ser entendida todavía como una teoría completa. En el capítulo anterior también vimos cómo es que el trabajo de John Bell echó por tierra las pretensiones de Einstein, pues demostró, a través del teorema que lleva su nombre, que ninguna teoría de variables ocultas podía producir las predicciones de la mecánica cuántica, a menos que dejara de lado el realismo o la localidad.

Los resultados de Bell han sido corroborados por pruebas experimentales en varias ocasiones, siendo uno de los casos más conocidos el de los experimentos de Alan Aspect¹¹⁵ en 1981 de los cuales hablamos anteriormente. En este punto estamos hablando de experiencias con respecto al mundo microfísico y no solo de cuestiones de formalismo. De hecho, podemos notar el cambio de estatus, el real salto ocurrido desde la formulación del teorema de Bell a la confirmación empírica a partir de las experiencias del tipo Aspect. Si bien aceptamos el formalismo del teorema, la corroboración de la experiencia es la que genera el convencimiento en las personas. Debido a lo relevante de este punto para nuestro trabajo es que analizaremos con un poco más de detalle este tipo de experiencias.

En caso de querer emular los resultados de Aspect para poder entender las experiencias a nivel del universo microfísico en cuántica, debiésemos proceder de la siguiente manera. Supongamos que contamos con un generador de pares de fotones que arroja como resultado una tasa constante de 40 % de fotones con polarización horizontal¹¹⁶. Ahora, sometiendo estos fotones al experimento de Aspect, polarizamos uno del par, y obtenemos una alta correlación con que el otro fotón del par muestre esa misma polarización. Estos son los extraños resultados de la mecánica cuántica a los que Einstein se refiere en la paradoja EPR que señalamos más arriba, en los que la acción sobre uno de los fotones del par, está altamente correlacionada con el valor de la misma característica del otro fotón del par.

A continuación, una vez configurada la fuente, registramos una línea más o menos constante a la altura de un 40 % en el gráfico del porcentaje de fotones con la característica de polarización horizontal. Supongamos adicionalmente que se muestra un ruido, o existe una dispersión, digamos, del

¹¹⁵ Aspect *et al.* (1981).

¹¹⁶ Esta no es exactamente la configuración usada por Aspect, pero inspirados en su histórico experimento, imaginamos este otro para poder echar luz sobre la retrocausación.

orden del 1%.

Ahora bien, llevamos ahora adelante el experimento tipo Aspect con el generador de partículas configurado de esa manera y utilizando pares de fotones de modo que algunos pares tomarán parte en un grupo (A) y otros en un grupo diferente (B). Un punto crucial es que la pertenencia de los pares a cada uno de los grupo, A o B, se produce de modo aleatorio. Para algunos pares de fotones, a uno de los fotones del par se lo somete al estímulo que lo hace tomar un valor en particular de polarización. Esta acción sucede sin que todavía se asigne el par al grupo A o al grupo B. Por lo cual esta intervención en uno de los fotones del par todavía no permite distinguir si se trata de un fotón del grupo A o del grupo B. Una vez realizada esta intervención, se produce la asignación al azar de manera que los pares de fotones queden en el grupo A o en el grupo B. Si el par de fotones ha sido asignado al grupo A o al grupo B, tendrá un tratamiento diferente. Si el par fue asignado al grupo A y uno de sus fotones ya ha sido intervenido como indicamos más arriba, se medirá el valor de polarización del otro fotón de ese par. Mientras que, si el par de fotones ha sido asignado al grupo B, no se realizará ninguna intervención en el otro fotón del par. En resumen, a uno de los fotones del par se lo somete al estímulo que lo hace tomar un valor en particular de polarización, mientras que al otro fotón del par, luego del proceso aleatorio de asignación al grupo A o al grupo B, se le aplica o no la medición de su polarización, respectivamente. Como consecuencia, a los pares que han sido asignados al grupo A, se les ha medido la polarización a ambos fotones del par. Mientras que a aquellos pares que resultaron asignados al grupo B, solo a uno de los fotones del par se le ha medido su polarización.

Como ya anticipamos, hay una muy alta correlación entre el resultado de la medida de polarización entre uno y otro de los dos componentes del par. Esto indica que lo que ya fue señalado sigue en discusión, y es que no hay un marco teórico adecuado a la intuición para dar cuenta de por qué lo que ocurre a un componente del par está correlacionado con lo que ocurre al otro componente del par. Esta es una de las raíces de las diversas interpretaciones a las que da lugar la mecánica cuántica.

Podíamos vernos inclinados a pensar que los resultados se explican por alguna variable oculta previa, por ejemplo, una causa común en el pasado. Sin embargo, no podremos atribuir esto a una causa común ya que en el principio los fotones no tienen determinado todavía su valor de polarización y, además, la correlación no es del 100%. Pero el detalle más importante aparecería al nivel de las predicciones estadísticas. En los pares del grupo A, aquellos en los que hubo interacción con ambos

fotones del par, encontramos el esperado 40% de polarización horizontal. Sin embargo, en el grupo B, en donde esperaríamos tener esa misma proporción, encontramos que hay solo un 30% de polarización horizontal en el componente del par que ha sido medido, habiendo dejado evolucionar al otro componente del par sin medirlo.

El resultado no esperado desde la visión clásica es que haya una merma en el porcentaje del grupo B, habiendo sido generados estos pares con el generador en las mismas condiciones que para el grupo A y habiendo sido separados por un proceso al azar.

Análogo macroscópico: El caso de los gemelos.

Para clarificar las cosas, si es que eso se aplica en este tipo de experimentos y resultados, explicaremos esta experiencia con un análogo macroscópico. Este ejemplo análogo es presentado por Phil Dowe para presentar los problemas de la paradoja EPR¹¹⁷. Modificaremos ligeramente el ejemplo de Dowe para adaptarlo a nuestra investigación. Supongamos la existencia de un par de hermanos gemelos que viven en una misma ciudad de clima no muy frío. Uno de ellos decide mudarse a Ushuaia, una ciudad de clima muy frío de Argentina, en donde cae enfermo afectado por una patología desencadenada por las bajas temperaturas y muere. Un grupo de investigadores comienzan a notar cierta correlación entre el clima frío y la muerte de ciertos individuos, debido a que se observa muy a menudo que, cuando un par de gemelos van a una ciudad de clima frío, ambos mueren, al punto que se podría hablar de una correlación uno-a-uno, en donde al someter a dos gemelos a un clima frío, uno muere si y sólo si el otro también muere. Dentro de la comunidad científica comienza a desarrollarse la hipótesis de que existiría una condición genética causante de la enfermedad, la que puede ser rastreada al momento anterior a que los gemelos se separan en el vientre de su madre, por lo que si uno tiene esta condición, el otro también la tendrá. Esta sería en este caso la hipótesis de la causa común planteada para el ejemplo de los fotones antes visto.

Teniendo en cuenta estos datos, se plantea el siguiente experimento. Se convocan a parejas de gemelos (idénticos genéticamente) a participar del experimento. Una vez iniciado el procedimiento, un par de gemelos es llevado al aeropuerto y cada uno de los gemelos es subido a aviones diferentes. Uno de los aviones va siempre en dirección a Punta Arenas, una ciudad de clima muy frío en Chile. El otro

¹¹⁷ Dowe (2000), pág. 180.

avión va en dirección a Ushuaia, una ciudad de Argentina también de clima muy frío, pero cuando este avión despegue, el piloto del avión debe lanzar una moneda, y según el resultado sea cara o cruz, sigue su rumbo a Ushuaia o vuelve al Aeropuerto ubicado en Santiago (Figura 9). En cuanto los aviones llegan a su destino, cualquiera de ellos sea, los individuos son encerrados y monitoreados. Los científicos simplemente toman nota acerca de si los participantes mueren o no.

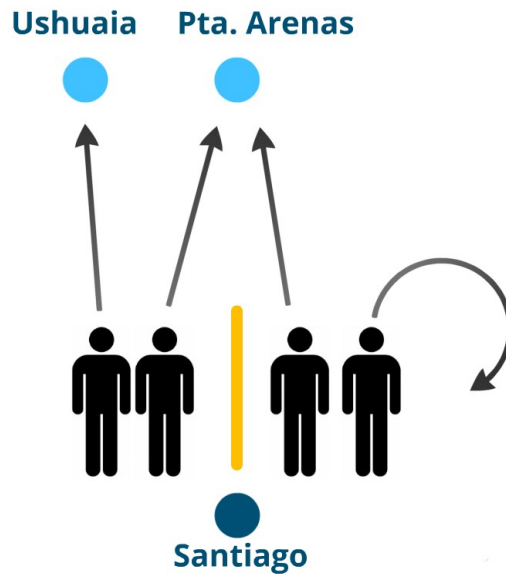


Figura 9

Tenemos entonces dos grupos, los pares Ushuaia – Punta Arenas y los pares Punta Arenas – Aeropuerto (Santiago). En el caso del primer grupo, los investigadores encuentran que el 60% de los gemelos que fueron llevados a Ushuaia murieron y el 60% de los gemelos que fueron llevados a Punta Arenas murieron. El 40% restante en ambos casos sobrevive sin mayores problemas. Este resultado muestra una correlación uno-a-uno entre quienes murieron en Ushuaia y quienes murieron en Punta Arenas, lo que para la comunidad de investigadores confirmaría la teoría del mecanismo genético como causa de esta enfermedad (y por lo tanto, como causa común de la muerte de los gemelos). Pero en el caso del grupo Punta Arenas – Santiago los resultados difieren de manera interesante. El 45% de los individuos que fueron llevados a Punta Arenas murieron, mientras que ninguno de los que regresaron al aeropuerto murió (Figura 10). Este último resultado es esperable pues estamos hablando de individuos que no fueron sometidos a condiciones de frío, pero el descenso en la tasa de mortalidad en los individuos de este grupo llevados a Punta Arenas en comparación con los individuos del grupo anterior

es enigmático, porque si la teoría genética es correcta, el hecho de que un gemelo sea o no llevado a una ciudad fría no debería afectar en nada los resultados de la prueba en el otro gemelo. Notaremos que estamos frente a otra versión del experimento de Aspect, en donde parece ser que la realización del test (específicamente, el que sea llevado o no a un lugar frío) en uno de los gemelos va a influir de manera no-local en el resultado del test del otro gemelo (el que sí fue llevado a Punta Arenas mientras su gemelo volvía al Aeropuerto).

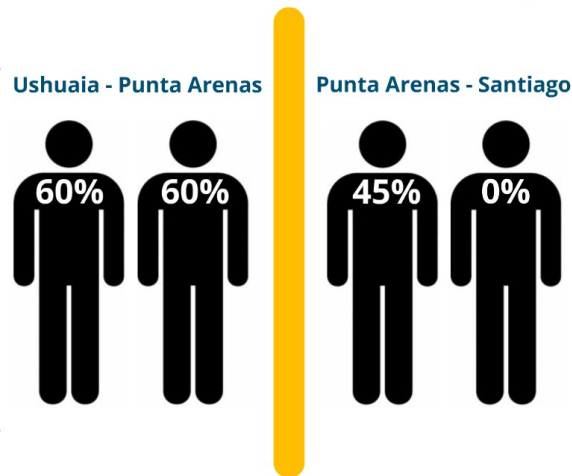


Figura 10

En pocas palabras, nos queda la imagen de que, lo que le ocurre a un componente del par influye en lo que le ocurra al otro componente del par y esa influencia no puede ser explicada con intuiciones sencillas. Para este resultado se han esgrimido muchas perspectivas, correspondientes con las distintas interpretaciones. Planteamos ya desde el comienzo que una de estas perspectivas es la retrocausación, y ésta no ha sido considerada con suficiente detenimiento quizás por la tradición reinante en la física respecto del rechazo a una relación de causación que no coincida con el principio de causalidad y la preferencia a que los procesos se ajusten a una flecha temporal acorde a la evolución de los sistemas en los que tienen lugar los distintos procesos.

La retrocausación puede dar cuenta de estos resultados, tanto para el ejemplo de los fotones como para el análogo macroscópico de los gemelos, de la siguiente manera. El componente del par que no ha sido sometido a estímulo, en el presente t_1 tiene ciertas características de modo que influye modificando el origen del par en el instante t_0 , en la fuente (en el pasado). Este paso es claramente un

paso de causación hacia atrás en el tiempo. A partir de esa modificación es esperable que el otro componente del par, aquél que en t_1 ha sido efectivamente medido, muestre esta modificación. Dicho de otro modo, la merma en el porcentaje del grupo B proviene de una acción causal del fotón no medido en t_1 sobre el fotón medido en t_1 por intermedio de un cambio en el instante t_0 en que ambos fotones se crearon (Figura 8, en el capítulo anterior).

Con este argumento queda explicado por qué el grupo B muestra una proporción menor que el grupo A. En nuestra versión macroscópica, esto equivaldría a sostener que, el que uno de los gemelos no sea sometido a la prueba del frío (los aviones que regresan a Santiago) causará en parte la condición genética en el vientre materno, lo que luego influirá en la baja del porcentaje de muertes en las mediciones sobre el otro gemelo.

Hasta aquí, la propuesta retrocausal que permite explicar no solo esta merma sino que además la no coincidencia para los casos en que no hubo correlación, más difíciles de encuadrar desde, por ejemplo, una visión holista. Por otro lado, el modelo retrocausal se muestra altamente compatible con la idea de causalidad física propuesto por Dowe basado en el traspaso de cantidades conservadas. Por supuesto, en el caso del ejemplo de los fotones, tenemos no-localidad sólo si consideramos lo que ocurre con ambos fotones en t_1 , pero no hay no-localidad si tomamos en consideración el traspaso desde t_1 a t_0 y luego de vuelta a t_1 , porque todo se explica por el traspaso de las ondas retrasadas y avanzadas, lo que en principio sería compatible con la física relativista¹¹⁸. Aun cuando esta solución no está exenta de problemas, esta propuesta no enfrenta las dificultades de compatibilizar la cuántica con la relatividad.

Testeando la retrocausación

Queremos ahora someter a discusión la siguiente propuesta en esta misma línea. ¿Si la propuesta de retrocausación fuera correcta, qué otros datos la apoyarían? Porque no podemos decir que su único apoyo es aquél resultado anómalo que intentamos iluminar. Si así fuera, no dejaría de ser un recurso *ad hoc*, que solo ha sido pergeñado para reconciliar los resultados con el marco conceptual. Debe recordarse que la filosofía de la ciencia tiene en muy baja estima este tipo de recursos, aun cuando la historia de la ciencia y la práctica científica actual muestra casos en los que el éxito se ha

¹¹⁸ Dowe (2000), pág. 185.

debido en parte a la defensa recalcitrante de ciertas hipótesis *ad hoc*, incluso antes de que fueron confirmadas por evidencia adicional a los resultados que le dieron origen. Obviamente la propuesta retrocausal se vería apoyada si se hubiera obtenido en t_0 un porcentaje menor. Se tendría que haber registrado en t_0 la característica en cuestión para decidir si aparecen o no rastros del primer tramo causal, esto es de t_1 a t_0 . Pero, en caso de que en t_0 ya estuviera presente el valor de polarización en cuestión, diríamos que se trata de un caso de causa común, ya sea que se midan uno o ambos fotones del par. Este problema no es tal, más bien es una diferencia entre el resultado para el par en cuestión y los resultados estadísticos. Si contáramos con que en t_0 ha mermado la proporción estadística, digamos al 35 %, por ejemplo, no tenemos motivos para esperar que se obtengan resultados diferentes en los grupos A y B, digamos de 40% en el grupo A y 30 % en el grupo B. Ya que la asignación a tales grupos es aleatoria. Si la configuración inicial muestra un 35% de la característica en cuestión, no tiene ningún sentido que al distribuir los pares en dos grupos al azar, uno de los grupos muestre el 40 % y el otro muestre el 30 % de esa característica. En ese caso se pondría en duda la aleatoriedad del mecanismo. En cambio lo contrario es correcto: si sabemos que hubo 40% en el grupo A y 30% en el B, esperamos que el lote total muestre un 35% de ese rasgo.

En términos del ejemplo de los gemelos, si el hecho de que sometiéramos o no a uno de los gemelos a la prueba de frío es causa de la condición genética generada en el vientre materno antes de la separación de los gemelos, la que luego afectaría a su hermano, los investigadores deberían ser capaces de encontrar esa condición genética al momento del nacimiento de los gemelos (o en el útero materno). Si esto fuese así, los investigadores considerarían que la causa de la enfermedad que afecta a ambos gemelos es esta condición, no el hecho de que uno de ellos haya sido sometido a una prueba en el futuro (Figura 11a). Sin embargo, si esto fuese así, y considerando las cifras antes expuestas por los pares, los investigadores deberían haber registrado la condición genética en un 52,5 % de las madres en el pasado. Pero esto no explicaría por qué tenemos dos grupos, uno de 60% - 60% y otro de 0% - 45%, porque lo que esperaríamos es que ambos grupos estuviesen equilibrados, pues la asignación de grupos se hace por medio del azar (Figura 11b). Con esto dejamos totalmente de lado la tesis de la causa común previa.

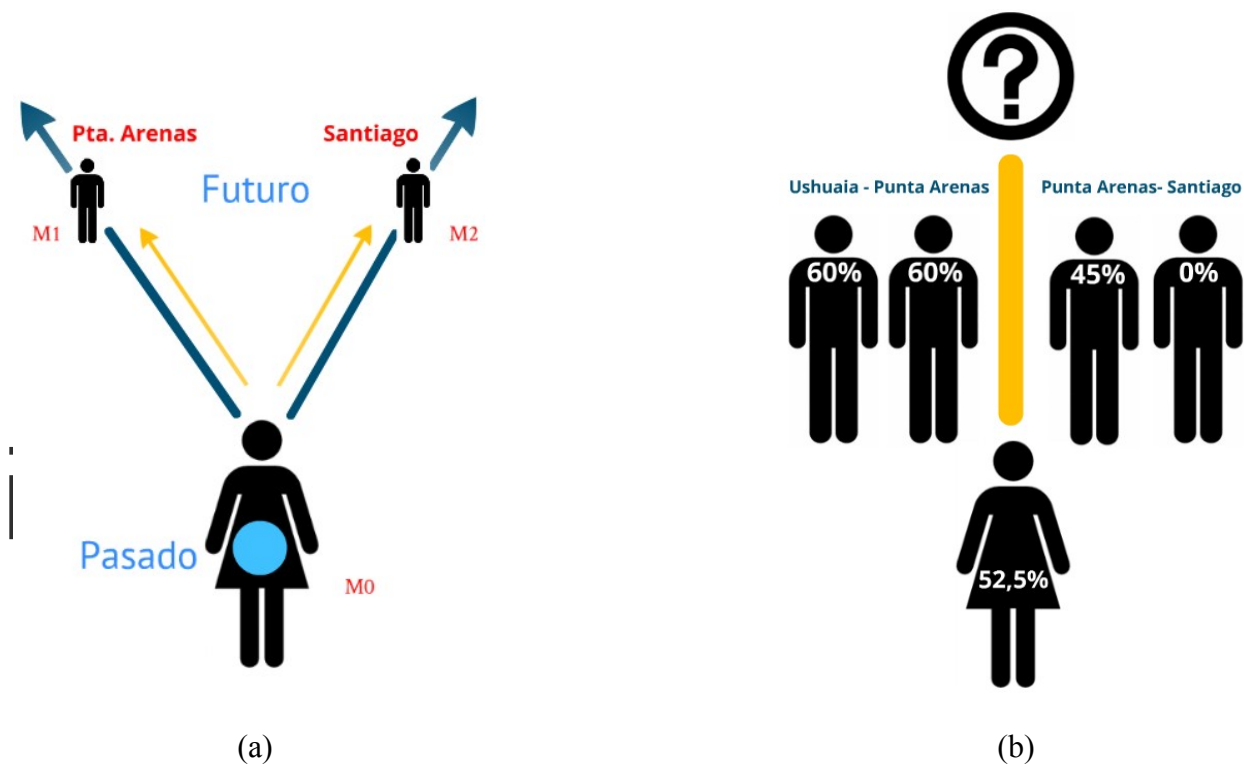


Figura 11

Dejando el análogo macroscópico, el problema por el cual los resultados estadísticos en t_0 no explican los resultados dispares entre los dos lotes en t_1 es que la asignación de un par a uno u otro de los grupos es un proceso azaroso, de modo que este proceso no puede distinguir entre las características preexistentes y asignar pares con mayor chance de cierto resultado al grupo A y con menor chance de ese mismo resultado al grupo B. Dicho esto, queda claro que si tuviéramos el registro estadístico de las chances de cierto resultado en t_0 podríamos obtener una confirmación del proceso de retrocausación.

Midiendo sin intervenir

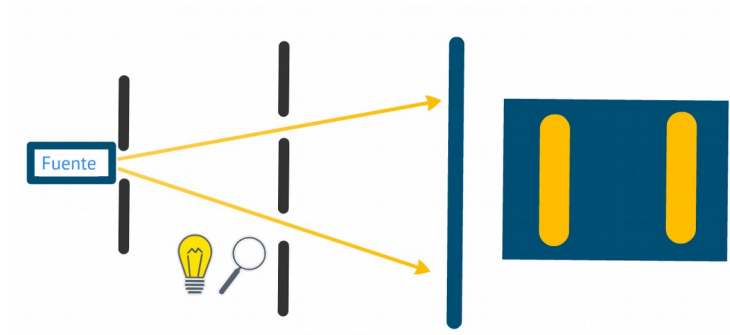
El problema hasta ahora insalvable es que al medir en t_0 , el valor obtenido de la medida queda determinado y de ese modo toda otra medida posterior no puede dar resultados diferentes. Se trata del problema del colapso de la función de onda o bien de la decoherencia en el proceso de medición. Aquí debemos abandonar, al menos en parte, nuestro análogo macroscópico, pues este problema no estaría presente en el caso de los gemelos, ya que ahí podríamos intentar hacer una medición que quedara

registrada sin generar una intervención mayor¹¹⁹. De todos modos, más adelante retomaremos el ejemplo por cuestiones explicativas.

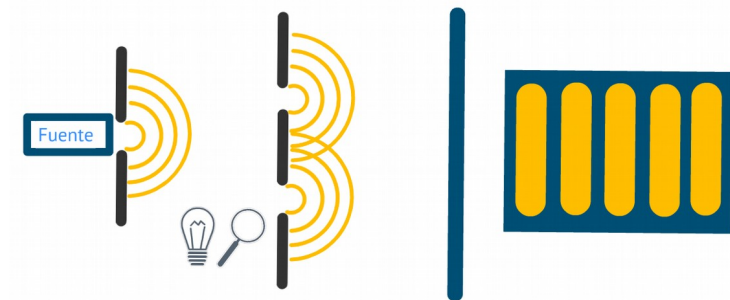
Ahora bien, para poder continuar con nuestra propuesta, consideraremos la posibilidad de estimar las chances mediante una interacción no decoherente. Esto es algo que hasta el momento no ha sido posible de desarrollar, pero que en física se ha estado trabajando para poder obtener resultados que vayan en esta línea. Por ejemplo, uno de los métodos que se ha utilizado para poder realizar algo como esto es poder 'reconstruir' la información posteriormente. Por supuesto, la salvedad de esto es que no tenemos la muestra original. Inmediatamente podemos notar que reconstruir no es lo mismo que poder medir sin hacer colapsar, y esto va a ser un problema no menor, pero por ahora vamos a continuar considerando que esto pueda llegar a realizarse.

Tomemos en consideración el ya clásico experimento de la doble rendija. El propósito original del experimento mental de la doble rendija en su formulación moderna es mostrar la dualidad onda-corpúsculo tanto de la luz como de la materia. El experimento se plantea de la siguiente manera. Supongamos que enviamos un haz de partículas en dirección a una pantalla, y entre la fuente y la pantalla ponemos una doble rendija. En una de las rendijas pondremos un detector, de manera tal que si el detector está encendido y por lo tanto es capaz de interactuar con las partículas, éstas pasarán por alguna de las dos rendijas comportándose como partículas al hacer impacto en la pantalla (Figura 12a). Sin embargo, si el detector está inactivo, entonces cada partícula pasará en forma de onda por el arreglo de ambas partículas y aparecerá un patrón de interferencia en la pantalla (Figura 12b).

¹¹⁹ De todos modos vale la pena destacar que podríamos adaptar el análogo macroscópico si, por ejemplo, estableciéramos que la medición misma les produciría a los gemelos la baja resistencia al frío o algo por el estilo. Sin embargo, para efectos de la exposición del problema, no parece necesario tener que continuar desarrollando este ejemplo.



(a)



(b)

Figura 12

Vale la pena destacar que el experimento mental ha sido respaldado por experiencias en laboratorios, en principio sólo con luz, pero ya desde 1961 con electrones. Este experimento fue realizado por el físico alemán Claus Jönsson¹²⁰ en la Universidad de Tübingen. Incluso ya desde 1974, el equipo de físicos italianos conformado por P. G. Merli, G. F. Missiroli y G. Pozzi lograron realizar el experimento ya no con chorros de electrones, sino que con electrones individuales¹²¹, pudiendo demostrar que cada electrón interfiere consigo mismo, resultado ya predicho en la cuántica.

Ahora bien, sumémosle a este experimento que el detector es cuántico, de modo que si efectivamente interactúa produciéndose su decoherencia por el paso de la partícula, queda inhabilitado para nuevas interacciones. Este tipo de detector es al que nos referíamos al mencionar la posibilidad de que exista una interacción no decoherente. Ahora precisemos que el detector está ubicado para

¹²⁰ Jönsson (1974).

¹²¹ Merli, Missiroli y Pozzi (1976).

interactuar de modo decoherente con las partículas que pasen por la rendija de la derecha, pero su interacción con las que pasan por la izquierda no produce su decoherencia.

A partir de este nuevo ensamble tenemos tres resultados posibles: a) una partícula al pasar muestra un patrón de interferencia como si no hubiera detector (Figura 13a), mostrando que el detector se encuentra inactivo; b) una partícula pasa por la rendija inferior y hace colapsar el estado del detector (el detector se ha disparado, figura 13b), mostrando un patrón simple en la pantalla; y finalmente c) una partícula pasa por la rendija superior y el estado del detector no tuvo decoherencia (quedó sin dispararse, figura 13c). Nos interesa la situación c) porque hemos obtenido la medición de que el detector está activo y sin embargo no ha sido disparado, con lo cual está en condiciones de una próxima interacción en la que se dispararía.

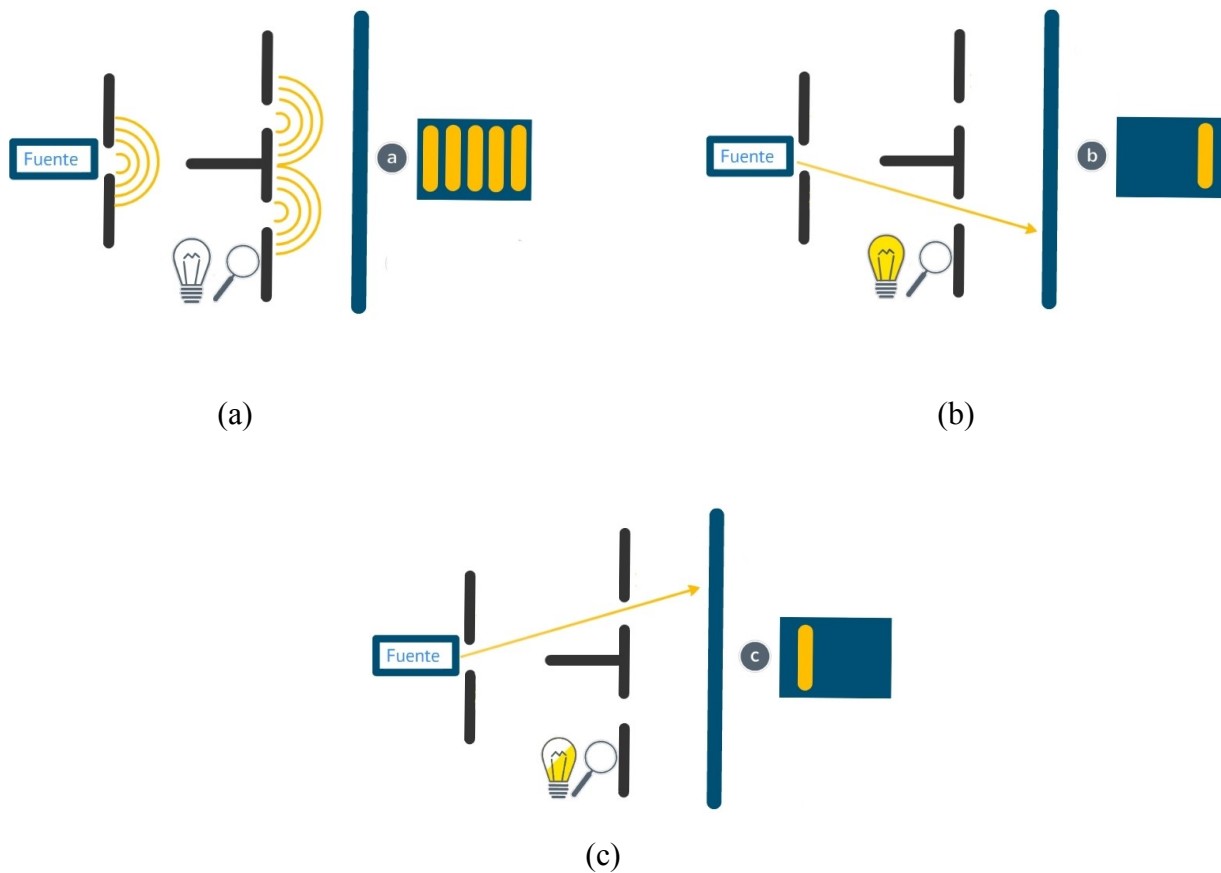


Figura 13

A continuación, tomemos este recurso de medición cuántica del caso c) en la que no se ha producido el colapso de la función de onda o interacción no decoherente y traslademos esta situación a nuestro experimento anterior. Tomemos una fuente de pares de fotones que los genera con direcciones de polarización en diferente dirección y proporción. Armemos ahora un arreglo como en los experimentos de Aspect, tal y como lo habíamos hecho anteriormente (Figura 6, capítulo anterior).

Sometamos a cada par de fotones a la medición cuántica no decoherente de modo que filtramos los fotones y nos quedamos solamente con los que han pasado el test en las condiciones c), suponiendo que ese test detecta fotones que pueden dar por resultado polarización horizontal. Mantenemos el generador de partículas con esta configuración y utilizamos para el experimento tipo Aspect de los grupos A y B, los fotones obtenidos como resultado de la interacción no decoherente mencionada en c). Lo que estamos haciendo es tomar los fotones de los cuales ya tenemos la medida, hemos elaborado una medición previa que nos permite tener registro de los fotones sin que se haya producido colapso. Supongamos entonces que contamos con un haz de pares de fotones cuya chance de resultar polarizados horizontalmente es del 40%. A partir de ahora realizamos el experimento y analizamos todo retrospectivamente, para facilitar la descripción en pasado y evitar aparentes contrasentidos lingüísticos como “esto ocurrió hoy debido a lo que ocurrirá mañana” lo cual dificulta las intuiciones.

Una de las predicciones de la propuesta retrocausal es que en t_0 , en el pasado, tiene que haber habido una caída al 35% en algún lapso correspondiente al proceso en el que tuvo lugar el experimento con los grupos A y B que resultaron mostrar 40% y 30% respectivamente y con cantidades similares de mediciones. Esto se explica por lo mismo que le exigíamos al análogo macroscópico, de modo que si en el registro del pasado no apareciera tal merma, no habría rastros en t_0 de lo que tuvo lugar en t_1 (de lo que tuvo lugar en el futuro) y eso contaría como una anomalía que debería ser tenida en cuenta por parte de los defensores de la propuesta retrocausal. Si en cambio registramos esa merma, tal depresión en el gráfico no tiene causa aparente en modificaciones de la configuración del equipo y por tanto quedaría como un comportamiento anómalo. Para peor, como ya se dijo anteriormente, esta merma es compatible con el lote completo de A y B, pero no puede ser la causa de que el grupo A muestre el resultado al 40% y el grupo B al 30% ya que cada par es asignado aleatoriamente y no por alguna interacción entre el proceso aleatorio y su chance para cierto resultado. Si tal disminución apareciera en el gráfico de origen, entonces no contaríamos con cuáles fueron las causas previas que la generaron ni ella misma podría ser causa de los resultados posteriores de los lotes A y B. En cambio, su existencia

quedaría perfectamente enmarcada como efecto de la distribución diferente de A y B, y no esperaríamos que el porcentaje de origen diera lugar a A y B. Es decir, no se produce ningún *loop* causal sino solamente un tramo de retrocausación que sirve para dar cuenta de la existencia de la disminución del porcentaje de origen y así dar cuenta también del resultado en el par que ha sido medido. Tal característica echaría luz sobre el problema estadístico y sobre el problema de que un componente del par pueda influir en la chance del resultado a obtener en el otro componente.

Podemos volver a nuestro análogo macroscópico para poder explicar en términos más sencillos el caso de los fotones, pero hay que dejar establecido de antemano que este tipo de correlaciones no se dan en el mundo macroscópico, y que por lo tanto no hay soporte empírico en esa escala que pueda avalar este tipo de experiencias. Por supuesto, tampoco es nuestra intención avalar aplicaciones de resultados de la mecánica cuántica de este tipo de casos. El uso que haremos del análogo macroscópico es sólo con fines explicativos.

Presentadas las advertencias pertinentes, recordemos que en nuestro análogo teníamos dos grupos de pares de gemelos, los pares Punta Arenas–Ushuaia y los pares Punta Arenas–Santiago (aeropuerto). Lo que vamos a agregar al caso es la posibilidad de realizar una medición en la fuente, que en el caso de los fotones correspondía a t_0 . En este caso, estaríamos hablando de un punto en el que los gemelos compartían el útero materno, digamos en 1981, año en que fueron gestados los participantes del estudio que se realiza en 2012 (Figura 14). Recordemos que para el caso de los fotones tuvimos que apelar a la existencia de interacción no decoherente, mientras que aquí eso no será necesario¹²².

¹²² Esto marca también los límites de esta analogía dado que no nos encontramos con las dificultades reales de la mecánica cuántica, pero las advertencias ya han sido establecidas.

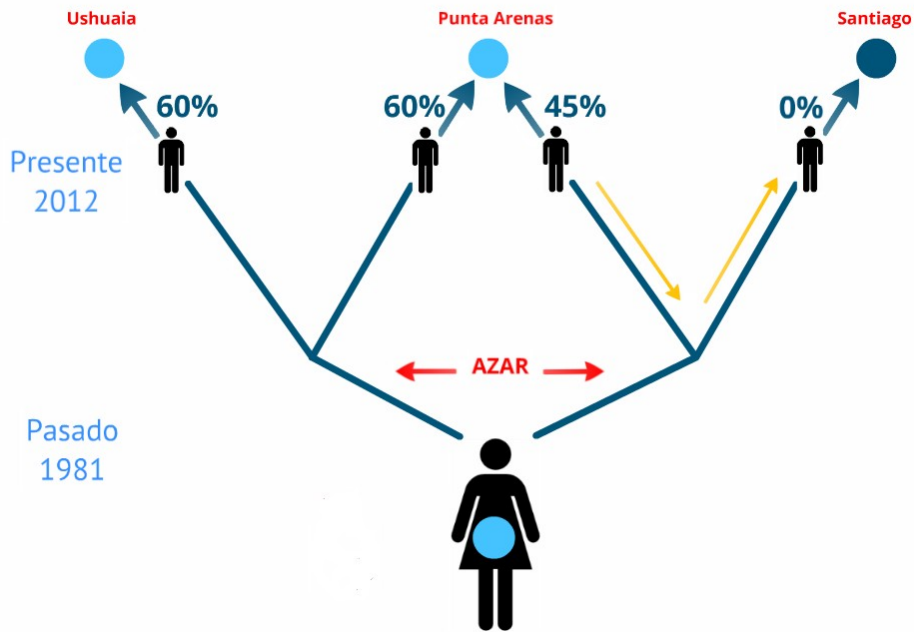


Figura 14

Gracias a la posibilidad de mediciones realizadas en el pasado, pensemos que en años previos al nacimiento de los gemelos se comenzó a llevar registro a través de estudios intrauterinos de si los niños venían con algún problema genético que los hiciera especialmente vulnerables al frío. Los registros marcaron una sostenida tendencia a través de los años que indicaba que un 60% de los gemelos traían esa condición. Los gemelos participantes del experimento del viaje a Punta Arenas en 2012 fueron sometidos a las pruebas intrauterinas (nuestro equivalente a t_0 para el caso de los fotones) en el año de su gestación, digamos, 1981. En ese año los investigadores notaron una baja en la tasa de gemelos que traían la condición de hipersensibilidad al frío que llegó al 52,5%. En los años posteriores, los registros volvieron a su habitual 60%. Lo interesante de esto es que esa disminución en la tasa queda explicada por los experimentos que se realizarán en el futuro a los gemelos y no viceversa, y un modelo retrocausal puede hacerse cargo de la distinción entre los grupos Ushuaia–Punta Arenas y Punta Arenas–Santiago, ya que si fuese un caso de causa común, los resultados del experimento realizado en 2012 debiesen haber sido de un parejo 52,5% ya que la división de los grupos fue aleatoria, mientras que si postulamos que efectivamente el que uno de los gemelos no haya sido sometido al clima frío causó algo en la fuente, podemos explicar la antes misteriosa e inexplicada disminución en 1981 de la tasa de gemelos con hipersensibilidad al frío.

Nótese que no hace falta proponer ningún tramo de retrocausación para dar cuenta de los resultados en el caso de los fotones del lote A, y tampoco estos procesos parecen tener lugar en un nivel macroscópico (más allá de nuestro caso análogo, que tiene una función explicativa para el desarrollo del trabajo), de manera que la presencia de tramos de retrocausación no es en sí mismo un artilugio *ad hoc* que pueda aplicarse a cualquier episodio vacuamente explicativo. Más bien es un recurso cuyo uso está justificado en tanto el resto de las propuestas se muestra deficiente, no viola ninguno de los principios vigentes en nuestras mejores teorías y permite inferir procesos que no son indetectables en principio.

Este análisis cuenta con que se mantengan expresamente separadas las asimetrías causales de las temporales, aun cuando puedan coincidir en la mayoría de los casos. Esto lo habíamos hecho notar anteriormente justamente porque no es necesario que cada proceso de retrocausación rompa necesariamente con la asimetría temporal. Adicionalmente, este análisis propone un modo en el que la discusión científica y filosófica sobre la causación, la temporalidad y la interacción pueda abordarse de modo enriquecedor.

Queda pendiente una seria discusión modal acerca de qué ocurre si intentamos conocer el registro obtenido en t_0 echándole una mirada en un tiempo intermedio entre t_0 y t_1 . Tal discusión no puede abordarse sin una topología temporal adecuada no lineal con ramas de evolución de los sistemas en la dirección temporal y otras en dirección contraria, pero este análisis excede el marco de este trabajo y no afecta los resultados de lo presentado hasta aquí.

Por otro lado, si vamos a aceptar retrocausación a este nivel, debiésemos estar preparados para hacer frente a algunos de los problemas clásicos de la causación hacia el pasado, y es la posibilidad de que una vez hecha la primera medición (la realizada en t_0 o la realizada en útero), pareciera que los investigadores involucrados en los experimentos del futuro no serían libres de elegir no realizar dichos experimentos, no sin dejar los resultados de la primera medición no explicados. Este es el problema de las cadenas causales cerradas, el que será abordado en el próximo capítulo.

10. Cadenas causales cerradas y viajes en el tiempo¹²³

En los capítulos anteriores pudimos ver cómo es que podemos presentar a la retrocausación como una extensión metafórica de la causación prototípica, lo que es relevante esto nos llevaría a aceptarla como una posibilidad dentro de la cognición corporeizada. Adicionalmente vimos cómo es que si bien no es necesario para las extensiones metafóricas, el soporte empírico parecerá ser crucial a la hora de aceptar o no aceptar la retrocausación debido al origen y la estructura de los conceptos corporeizados, a riesgo de ser un concepto únicamente especulativo (aunque posible). Ahora bien, pesar de las dificultades de obtener algún tipo de experiencia retrocausal que sirva de soporte para ésta como un concepto corporeizado más allá del esqueleto literal y de ser una extensión metafórica, con todas las ventajas y desventajas que eso conlleva, vimos en el capítulo anterior que eventualmente sería posible someter a ciertas mediciones algunos eventos que involucren retrocausación. Es importante de todos modos destacar que en este último paso hemos dado un salto importantísimo, pues pasaríamos de aceptar la retrocausación como una extensión metafórica con usos de manera instrumental o al menos no necesariamente realistas, a realmente considerar que el mundo microfísico podría comportarse de manera retrocausal.

Sin embargo, aun cuando la retrocausación nos podría otorgar un modelo explicativo generalizable para casos como los de correlación entre partículas entrelazadas, aceptar la retrocausación, y con ello eventualmente dar preferencia a alguna de las interpretaciones de la cuántica por sobre las otras, deja abierta la posibilidad de que existan cadenas causales cerradas. Una cadena causal cerrada se define como una secuencia de eventos causalmente conectados que se desenvuelve de modo tal, que por transitividad causal y de manera indirecta termina causándose a sí misma. En este capítulo nos enfocaremos en destacar algunas de las principales dificultades de aceptar cadenas causales cerradas e intentaremos hacer notar que estos problemas van a terminar costándole gran parte de las ventajas que pudiera darnos el aceptar la retrocausación para interpretar fenómenos cuánticos, al

¹²³ Parte de los tópicos tratados en este capítulo fueron trabajados previamente en Núñez Pradenas (2015).

menos de manera realista.

Adicionalmente, en este capítulo analizaremos la principal respuesta al problema de si es posible la existencia efectiva de cadenas causales cerradas generadas por la retrocausación, el conocido 'bilking argument' o 'argumento del engaño' presentado originalmente por Max Black en 1956 en su artículo 'Why Cannot an Effect Precede its Cause'¹²⁴. Básicamente este argumento plantea que si aceptamos una cadena causal cerrada generada por un entorno específico, tenemos entonces que aceptar también la posibilidad de modificar dicho entorno de manera tal que alguno de los elementos de la cadena causal cause algo distinto a lo que causó en el entorno original. Si esto es así, entonces se habría impedido que se produzca el entorno específico necesario para la cadena causal cerrada. Esto nos lleva a una serie de paradojas, dentro de las que se encuentra la popular 'paradoja del abuelo'. Esto nos llevará a revisar también la relación existente entre la causación y la flecha del tiempo.

Analizaremos algunas de las respuestas que podemos encontrar para el argumento del engaño y propondremos una salida lingüística naturalizada que nos permitiría eventualmente aceptar la retrocausación, pero siempre y cuando consideremos que ésta se presenta sólo en un plano lingüístico. Esto nos llevará a alejarnos en cierta medida de la interpretación realista de la mecánica cuántica, lo que, inevitablemente, le quita peso al modelo de retrocausación debido a que ésta termina traicionando su motivación principal.

Cadenas causales cerradas en la física actual

Una cadena causal cerrada ocurre cuando tenemos una serie de eventos conectados causalmente en donde el evento A causa el evento B, éste causa un evento C y finalmente éste último causa el evento A. La cantidad de eventos intermedios puede aumentar o disminuir, pero la idea principal está en que por transitividad A se causa a sí mismo (Figura 15). Si aceptamos retrocausación, y dado a que parece haber una conexión entre ésta y las cadenas causales cerradas, sería importante analizar si efectivamente ésta es una noción aceptable o si es un motivo para rechazar cualquier teoría que la incluya por cuestiones analíticas.

¹²⁴ Black (1956).

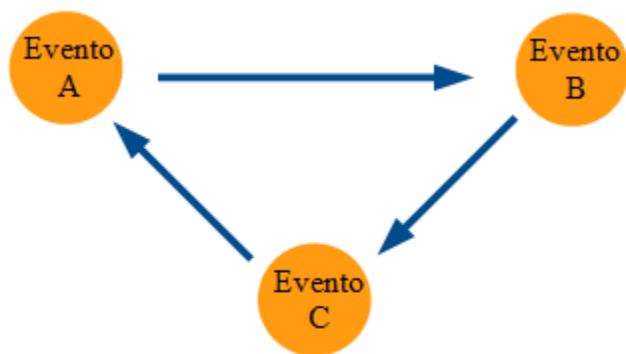


Figura 15

En este punto es bueno hacer una salvedad. Es muy probable que de aquí en adelante se confundan la idea de retrocausación con la idea de viaje en el tiempo. La distinción debe ser hecha pues estas dos cosas no son lo mismo. Podemos tener retrocausación sin necesariamente tener viaje al pasado. En el caso de la interpretación transaccional, existe viaje en el tiempo pues las ondas avanzadas y retrasadas, las que tendrían existencia física según J. Cramer¹²⁵, se mueven hacia adelante o hacia atrás en el tiempo. Sin embargo, podríamos pensar en la retrocausación del modo más acotado posible al plantear un caso en donde simplemente la causa de un evento está en el futuro y el efecto en el pasado y que nada viaje hacia el pasado. Por supuesto, en un caso como ése habría que explicar cuál sería el mecanismo o cuál sería el proceso físico por medio del cual se produce efectivamente la causación en el pasado de la causa. De todos modos, en trabajos¹²⁶ anteriores he sugerido algunas relaciones entre dirección del tiempo y dirección de la causación basándome en la flecha temporal termodinámica, por lo que la identificación entre retrocausación y viaje hacia el pasado no es antojadiza.

Volviendo a la explicación retrocausal del problema de la no-localidad, notaremos que para casos del microuniverso como los que hasta ahora hemos analizado, la ubicación temporal de cada una de las partículas se vuelve, para cuestiones de causación, irrelevante, pues la medición en la partícula P1 podría estar ubicada más en el futuro de cuando fue registrada o que incluso la medición en la partícula P2 esté más atrás en el pasado de cuando fue tomada, pero debido a que estaríamos aceptando

¹²⁵ Cramer (1986).

¹²⁶ “Tiempo corporeizado y la flecha temporal”, en Cuadernos de Filosofía de la Universidad de Concepción, n° 30-31, 2012-2013.

retrocausación, la precedencia temporal no va a poder ser un factor determinante en la definición de qué consideramos causa y qué consideramos efecto. Queda entonces abierta la pregunta de qué es lo que va a definir la distinción causa-efecto, y esto va a abrir la puerta a la posibilidad de que realmente no exista tal distinción, o que dicha distinción sea una cuestión arbitraria o convencional. Si esto es así, y efectivamente aceptamos en cierta simetría en este proceso, por una cuestión de transitividad causal, una de las mediciones sería causa de sí misma. Estaríamos entonces frente a una cadena causal cerrada.

Debemos advertir de todos modos que no siempre que tenemos un proceso retrocausal tenemos necesariamente una cadena causal cerrada. Podemos tener un caso de retrocausación en el que no esté involucrada cadena causal cerrada alguna. Pensemos un caso en que el evento A produce el evento B con ordenamiento temporal normal, y luego el evento B produce el evento C retrocausalmente en el pasado. A continuación, el evento C puede causar eventos siguiendo el ordenamiento temporal tradicional (ver fig. 16a y 16b), y en ese caso, tenemos linealidad causal: No nos encontramos con cadenas causales cerradas. Esto es muy relevante, pues como veremos más adelante, el principal argumento en contra de la retrocausación va a involucrar cadenas causales cerradas. Hay que admitir sin embargo, que la retrocausación va a permitir que se produzcan las cadenas causales cerradas, pues para que pueda ocurrir una cadena causal de este tipo parece ser necesario al menos un paso retrocausal (como en la fig. 16b, del evento B al evento C).

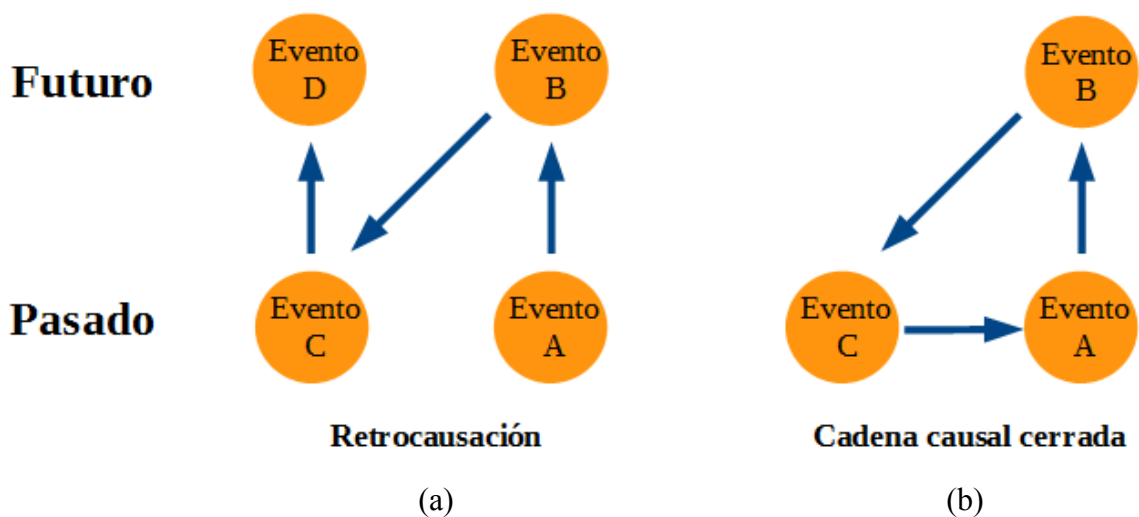


Figura 16

Analicemos esto último. ¿Podríamos pensar una cadena causal cerrada que no involucre al menos un paso retrocausal? Un caso posible podría ser el siguiente. Pensemos en un evento A en t_1 que cause un evento B también en t_1 . Esto quiere decir que estaríamos hablando de dos eventos que ocurren simultáneamente, pero que uno causa al otro. Este evento B a su vez (y a la vez) causa un evento C, también en t_1 , y este evento C causa un evento D, nuevamente en t_1 . Finalmente, este evento D causa al evento A, también en t_1 (Figura 17). Podríamos pensar esto como una cadena causal cerrada que no involucra retrocausación de ningún tipo, pero lo que tenemos es un grupo de eventos que ocurren simultáneamente en t_1 , y en este sentido eventualmente se podría objetar que se trate de una cadena causal cerrada. De hecho, en un caso planteado tal y como éste es muy difícil poder detectar si efectivamente se trata de una cadena causal como tal. Podemos proponer que este caso calificaría mejor como un conjunto de eventos interdependientes causalmente, de modo que si uno de ellos no hubiese estado, ninguno de los otros estaría. En este sentido, este caso cumpliría al menos con la formulación contrafáctica.

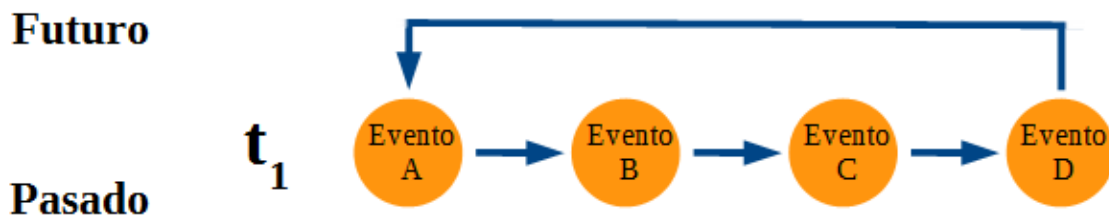


Figura 17

Uno de los puntos importantes sobre la posible existencia de cadenas causales cerradas es que éstas no solo nos obligan a tener que aceptar retrocausación para poder explicar los casos de mecánica cuántica antes vistos (lo que por lo demás, está sometido a una interpretación puntual y a una amplia discusión), sino que hay otras áreas de la física en las que podemos encontrar algún tipo de fenómeno que nos llevaría a aceptar la posibilidad de existencia de cadenas causales cerradas. Algunos de los ejemplos más conocidos sobre este punto en física implican la posibilidad de existencia de curvas cerradas tipo tiempo, es decir, una línea-mundo de alguna partícula que en el espacio-tiempo se interseca a sí misma. Algunos casos de curvas cerradas tipo tiempo las podemos encontrar en los puentes de Einstein – Rosen (Figura 18) más conocidos como agujeros de gusano¹²⁷, o el cilindro de

¹²⁷ Término acuñado por John Wheeler en Misner y Wheeler (1957).

Tipler¹²⁸, un hipotético cilindro infinitamente largo que permitiría la existencia de curvas cerradas de tipo tiempo.

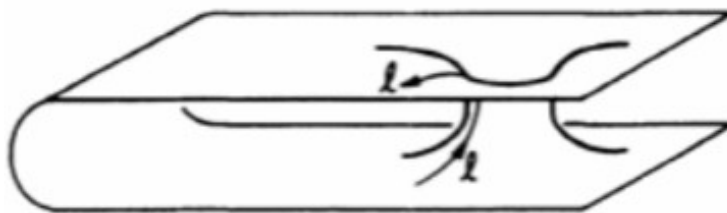


Figura 18

Tal vez el mejor ejemplo de cadenas causales cerradas en física lo podemos encontrar en la métrica de Gödel. En 1949, Kurt Gödel presenta una solución para las ecuaciones de campo de Einstein que está llena de curvas cerradas tipo tiempo^{129 130}. La intención original de Gödel no era mostrar a través de esto que nuestro universo se comporte de esta manera ni que realmente tengamos que aceptar la existencia de cadenas causales cerradas, puesto que además existen muchas otras soluciones para las ecuaciones de campo de Einstein, sino que su intención era demostrar que la teoría de la relatividad acepta una suerte de eternalismo con respecto al tiempo. Básicamente la postura eternalista sostiene que tanto presente, pasado y futuro tienen un mismo estatus ontológico y que la única diferencia está en que el presente es simplemente el punto temporal en el que nos encontramos. Esta es una de las consecuencias de considerar que el tiempo es una dimensión más.

Para entender esto podemos hacer uso de algunos casos vistos en el cine. En la película 'Volver al Futuro II' del año 1989, hay un momento en que uno de los protagonistas, el doctor Emmett Brown desaparece al ser impactado por un rayo mientras conducía su máquina del tiempo. En ese momento, el otro protagonista, Marty McFly, muy acongojado por la aparente muerte de su amigo el Dr. Brown, recibe la visita de un hombre, un cartero que le lleva una carta escrita con fecha de 1885. Esta era una carta de parte del Dr. Brown que había sido dejada en el correo hace 70 años y que tenía instrucciones específicas de ser entregada a Marty, en esa fecha, a esa hora. Entonces, McFly exclama: '¡El doc está vivo!'. Y claro, en una concepción eternalista de tiempo, efectivamente el doctor Brown estaba vivo,

¹²⁸ El cilindro de Tipler se enmarca dentro de una de las soluciones para las ecuaciones de campo de Einstein, específicamente para la solución propuesta por Willem Jacob van Stockum en 1937, pero fue F. Tipler quien muestra que esta solución permitiría curvas cerradas de tipo tiempo (Tipler, 1974).

¹²⁹ Gödel (1949).

¹³⁰ Gödel fue el primero en denunciar la posibilidad de existencia de curvas cerradas de tipo tiempo a partir del trabajo de Einstein.

pero en el pasado. Esto es bien interesante, pues podríamos afirmar que, por ejemplo, mi abuelo, que murió en 1990, está vivo, pero en el pasado. Lo mismo podría ser aplicado a cualquier persona, todas ellas están vivas, pero no en este punto del espacio-tiempo. Esto es lo que Gödel denuncia: si aceptamos relatividad, parece que nuestra concepción del tiempo tendrá que ser una concepción eternalista porque todo el tiempo existe, y el presente es sólo una cuestión de ubicación. Ya tendremos que ver si sólo podemos movernos hacia adelante o si también podemos movernos hacia atrás, pero ése es otro problema.

Otro ejemplo en la física de posibles cadenas causales cerradas podría darse a partir de los positrones, específicamente bajo la idea de R. Feynman, quien propuso que estos serían electrones viajando hacia el pasado¹³¹. También se pueden considerar a los taquiones de G. Feinberg¹³² como otro ejemplo de una partícula que podría estar involucrada en una posible cadena causal cerrada. Los taquiones son partículas hipotéticas que siempre se mueven por sobre la velocidad de la luz, con los que podríamos construir un teléfono de taquiones, un aparato que nos permita enviar señales que me permita llamar hacia el pasado. El ejemplo del teléfono de taquiones o 'antiteléfono' se desarrolló a partir de una idea originalmente presentada por Albert Einstein en 1907, quien a través de un experimento mental mostraba los problemas de las señales más rápidas que la luz¹³³. A partir de este trabajo, Richard C. Tolman plantea que si efectivamente es posible que partículas más rápidas que la luz se puedan propagar, entonces la comunicación con el pasado es posible¹³⁴. Vale la pena destacar que desde ese entonces la existencia de taquiones era resistida, y de hecho, el estado actual de la cuestión evita que exista comunicación superlumínica en gran medida por los problemas que involucran referentes a la causación, principalmente porque con el teléfono o telégrafo de taquiones podríamos enviarnos una señal al pasado para, por ejemplo evitar que enviáramos esa señal. G. Bendford, D. L. Book y W. A. Newcomb presentan este tipo de problemas de la siguiente manera¹³⁵: Pensemos en dos investigadores, Alicia y Beto, uno de los cuales tiene en su poder un teléfono de taquiones. Entre ellos acuerdan que Alicia enviará una señal a Beto cuando el reloj marque las 18 horas sólo si recibe una señal de parte de Beto a las 16 horas. Adicionalmente, acuerdan que si Beto recibe una señal de Alicia, entonces deberá enviar una señal a Alicia usando el teléfono de taquiones. Sin haber recibido la señal a las 16 horas, Alicia le envía la señal a Beto a las 18 horas. Entonces Beto, al recibir la señal de Alicia y

¹³¹ Feynman (1949).

¹³² Feinberg (1967).

¹³³ Einstein (1990).

¹³⁴ Tolman (1917), pág. 54 - 55.

¹³⁵ Bendford et al (1970).

haciendo uso del teléfono de taquiones, le envía una señal a Alicia para que ésta le llegue a las 16 horas. De esta manera, Alicia recibiría la señal a las 16 horas y por lo tanto, no enviaría la señal de las 18 horas. Es decir, la situación ocurriría sólo si no ocurre. Este último ejemplo nos va a dar pie para plantear una de las críticas más fuertes en contra de la existencia de las cadenas causales cerradas, el conocido 'bilking argument' o argumento del engaño.

Paradojas temporales: El argumento del engaño

Este argumento es conocido en varias de sus versiones, siendo tal vez la más conocida la paradoja del abuelo, en donde una persona viaja al pasado y mata a su abuelo antes de que conociera a su abuela, causando con esto que él nunca haya nacido y que por lo tanto nadie haya viajado al pasado a matar a su abuelo, generando una paradoja pues si nadie mata a su abuelo, entonces esta persona sí habría nacido. Este ejemplo es similar al caso de la película antes mencionada, 'Volver al Futuro', en donde, en la primera entrega de la saga lanzada en 1985, Marty McFly viaja hacia el pasado y se encuentra con su madre, la que se enamora de él sin saber que el individuo que acaba de conocer no es sino su hijo que viene del futuro, lo que evitaría que la mujer se interesara en el padre de Marty, causando así que ellos nunca tuvieran hijos y por lo tanto Marty no habría nacido para poder viajar al pasado y conocer a su madre.

Ejemplo similar a estos es el de un individuo que quiere quitarse la vida pero que no tiene las agallas para hacerlo, por lo que trabaja en construir una máquina del tiempo, conocer a su yo más joven y comete un autoinfanticidio, evitando con esto que el individuo haya alguna vez construido la máquina del tiempo. Otro caso similar pero que agrega algunos elementos nuevos es el de la nave de Earman, planteado por el filósofo John Earman¹³⁶. En este caso, una nave que ha sido programada de manera tal que en caso de que ésta se vea amenazada por un misil, la nave activará un campo de fuerza a su alrededor que evitará que cualquier cosa entre o salga del campo de fuerza. La nave entonces envía un misil por un agujero de gusano apuntándose a sí misma pero en el pasado, específicamente para hacer impacto momentos antes de que la nave lance el misil, evitando con esto que el misil sea lanzado originalmente. Lo interesante del caso de la nave de Earman es que deja fuera el problema del libre albedrío o de la voluntad humana al mantener todo el ejemplo dependiendo de máquinas programadas.

¹³⁶ Earman (1972)

En esta misma línea está el caso de la bola de Polchinski¹³⁷, una bola que flota en el espacio y que cae por un agujero de gusano que la lleva a encontrarse consigo misma antes de caer por el agujero de gusano, pero desviándola de manera tal que nunca caiga por el agujero de gusano, provocando que no haya ninguna bola que la desvíe de su curso hacia el agujero de gusano.

Llevado al ejemplo antes presentado de la medición en las partículas enlazadas, esto podría representarse de la siguiente manera: la medición M_1 en la partícula P_1 que causa algo en el momento en el pasado en donde ambas partículas están en contacto, lo que causa entonces algo luego en la partícula P_2 que va a causar que tengamos cierto resultado en la medición M_2 en el futuro, pero ahora agregamos un nuevo elemento, una medición M_0 en el momento en el que las partículas están en contacto que detecte las ondas avanzadas causadas por M_1 . La medición M_0 colapsaría el estado cuántico de ambas partículas, evitando que existan las mediciones M_1 y M_2 , de modo tal que nunca detectaríamos las ondas avanzadas, evitando así la medición M_0 .

Vale la pena destacar en este punto el problema mencionado al final del capítulo anterior, y es el problema de la libertad o del libre albedrío. Una de las consecuencias que tiene el poder registrar la retrocausación en el pasado es que dado que hemos encontrado efectos de una causa que se encuentra en el futuro y que además esta causa se produce por el experimento llevado a cabo por un grupo de investigadores en el futuro, parece que los investigadores no son libres de no llevar a cabo el experimento. Esto es algo que el mismo John Bell notó al analizar su famoso teorema, al punto que una de las conclusiones a las que llega Bell sobre sus resultados fue justamente pensar que si los investigadores no son libres de hacer o no hacer las mediciones, entonces los problemas para los casos de mecánica cuántica antes analizados ya no serían realmente un problema:

Se asume que el libre albedrío es genuino, y como resultado de esto encontramos que la intervención del experimentador en un punto tiene consecuencias en un punto remoto, de modo que las influencias restringidas por la velocidad finita de la luz no lo permitirían. Si el experimentador no es libre de hacer esta intervención, si eso está también determinado, la dificultad desaparece.¹³⁸

¹³⁷ En Thorne (1994), pág. 510–513. Joseph Polchinski propone este caso discutiendo sobre el principio de autoconsistencia de Novikov.

¹³⁸ John Bell, en Davies y Brown (1986).

En resumidas cuentas, el argumento del engaño puede ser presentado de la siguiente manera. Asumiendo la existencia de una cadena causal cerrada como la que habíamos visto anteriormente y considerando que puede haber una modificación en el entorno de la cadena causal cerrada, pensamos que hay un evento X que evita que ocurra el evento B, produciendo entonces el evento B*, el que no va a producir el evento C sino que producirá el evento C*, que a su vez produciría no el evento A sino que el evento A*, existiendo una incompatibilidad entre los eventos A y A* (Figura 19).

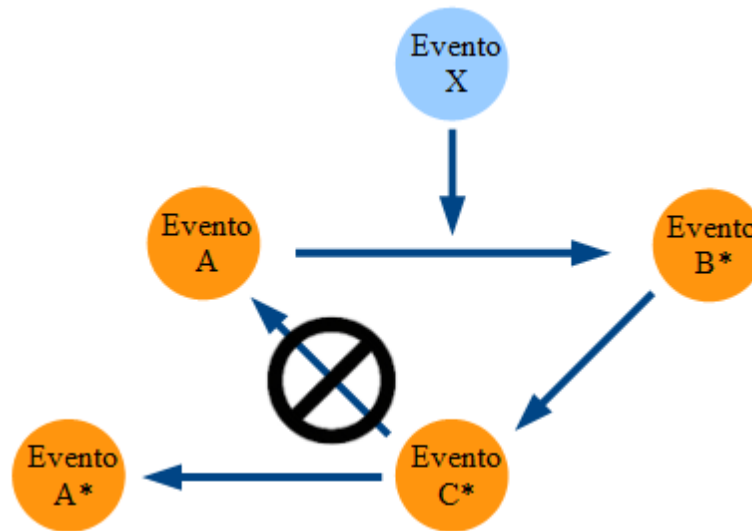


Figura 19

Volviendo al ejemplo de la película, tenemos como evento original el viaje en el tiempo de McFly, el que causa que éste conozca a su madre y luego que ella se enamore de él. Esto causa que su madre nunca se involucre con el padre de McFly, lo que a su vez evita que McFly haya nacido, lo que es incompatible con el evento original que inició la cadena causal.

Posibles respuestas al argumento del engaño

Al problema que presenta el argumento del engaño le han surgido varias soluciones, siendo tal vez la más conocida la propuesta de David Lewis, quien se centra en nuestra habilidad de modificar el pasado, lo que estaría relacionado a un contexto total¹³⁹. Esta solución contextual en última instancia va a decantar en una alusión a mundos posibles, y dado a que nuestra discusión sobre las cadenas causales

¹³⁹ Lewis (1976).

cerradas apunta específicamente a explicar procesos causales a nivel físico, dejaremos esta solución de lado.

Otra posibilidad para enfrentar el argumento del engaño es la propuesta de Paul Horwich, la que involucra la existencia de eventos no causados¹⁴⁰. El ejemplo utilizado por Horwich involucra un ensamble imaginario que consta de una pistola de rayos gamma y un cañón de electrones/positrones (Figura 20)¹⁴¹. En el ejemplo, el cañón de electrones lanza un electrón en tiempo t_1 que luego en t_3 comienza a moverse hacia atrás en el tiempo (transformándose en un positrón). Luego el positrón se encuentra con un rayo gamma emitido con la pistola en t_1 y comienza nuevamente a moverse hacia adelante en el tiempo (transformándose nuevamente en un electrón). Esto último causará una señal S que perturbará en t_2 la trayectoria del electrón que está saliendo del cañón de electrones. De esta manera quedamos frente a una cadena causal cerrada. A este ensamble le agregamos un dispositivo que se active con la señal S y que ya no sólo perturbe la trayectoria del electrón, sino que la detenga del todo. Con esto tendremos ejemplificado el argumento del engaño en el caso de Horwich.

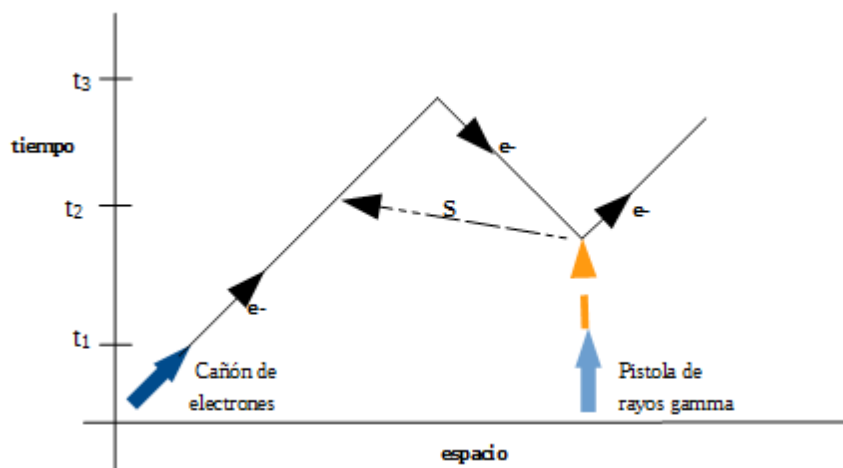


Figura 20

Ahora bien, a *grosso modo*, Horwich propone que, dado que el positrón que parte desde t_3 es el que se requiere para que el rayo gamma mande la señal a t_2 y detenga al electrón, podríamos pensar en

¹⁴⁰ Horwich (1995).

¹⁴¹ La versión original de este gráfico aparece en Horwich (1995).

un positrón que, de manera no causada, llegue de todos modos y de manera coincidente al encuentro del rayo gamma y que garantice la emisión de la señal S. Estamos frente a una correlación no-causal entre la aparición del positrón y el dispositivo preventor. Esto puede ser entendido como una coincidencia, y en este sentido, la propuesta de Horwich no dista realmente de la aparición del evento corrector frente al evento interventor visto anteriormente, pero Horwich con esto hace notar que el argumento del engaño no sirve para descartar de manera general ni la existencia de cadenas causales cerradas, ni la posibilidad de causación hacia el pasado, aun cuando esto implique este tipo de coincidencias no causadas.

Si aplicamos esto a nuestro ejemplo original de las partículas enlazadas, podríamos pensar que en el momento en que las partículas P_1 y P_2 están en contacto, en el momento de la medición M_0 , el investigador a cargo efectivamente encuentra las ondas avanzadas de las que habla Cramer que evidenciarían la influencia retrocausal de la futura medición M_1 en la partícula P_1 . Sin embargo, el investigador decide acabar el experimento de manera que nunca hace la medición M_1 , y dado a que ésta nunca ocurrió, las ondas avanzadas nunca llegaron a la medición M_0 . La pregunta que queda entonces es ¿qué hizo que el investigador detuviera el experimento? La propuesta de Horwich involucra que no es imposible pensar que las ondas avanzadas hubiesen llegado de todos modos a la medición M_0 , aun cuando no hayan sido causadas por la medición M_1 , y que coincidentemente hayan sido detectadas por el investigador en el momento preciso. Poniendo esto en el caso de la bola de Polchinski, tendríamos que pensar en que existe una bola, distinta a la que es desviada, que golpea a la bola original y que evita que esta caiga en el agujero de gusano. Por supuesto tendremos todo el derecho a preguntarnos de a dónde salió esta nueva bola. Y la respuesta sería que simplemente es un evento no causado. Tenemos de hecho en física otros eventos no causados, como el Big Bang, o incluso la emisión espontánea de una partícula subatómica. Aun cuando esto es difícil de digerir, el punto está en que no se puede descartar de manera analítica la existencia de cadenas causales cerradas.

De todos modos, esta propuesta falla en un punto crucial. Si efectivamente aceptamos la existencia de estos eventos no causados, y aceptamos, por ejemplo, que un positrón coincidentemente chocó con nuestro rayo gamma, o que encontramos ondas avanzadas por casualidad, o que incluso efectivamente andan bolas no causadas por el espacio, entonces, en estricto rigor, en esos casos, no estamos hablando de cadenas causales cerradas. Por supuesto, esto no va a afectar a los casos efectivos de cadenas causales cerradas, sino que sólo aplica a los casos en los que aplicaría el argumento del

engaño. Nos adentraremos un poco más en este problema, ya que la propuesta de Horwich parece exigir una topología temporal más compleja para ser efectivamente una protección al argumento del engaño para las cadenas causales cerradas.

El principio de autoconsistencia de Novikov

Otra de las posibles soluciones que se podría plantear al problema presentado en el argumento del engaño es hacer una petición de consistencia en el siguiente sentido: lo que puede ocurrir es que exista un evento adicional Y que corrija la cadena causal de manera tal que haga que de todos modos se dé el evento A (y por supuesto, que no se dé el evento A*) y así la cadena nunca quede en riesgo de auto-evitarse (Figura 21). Esto implicaría, entre otras cosas, que de poder existir una cadena causal cerrada, ésta nunca podría ser intervenida de manera tal que se produzca una cadena paradójica como la antes presentada. En los casos ya presentados, ejemplos del evento Y podrían ser que el arma del autoinfanticida se trabe justo en el momento de cometer el crimen, o resbale y no pueda matar al niño, de manera que quede 'protegido' el evento original, en este caso, el viaje al pasado y la construcción de la máquina del tiempo del autoinfanticida.

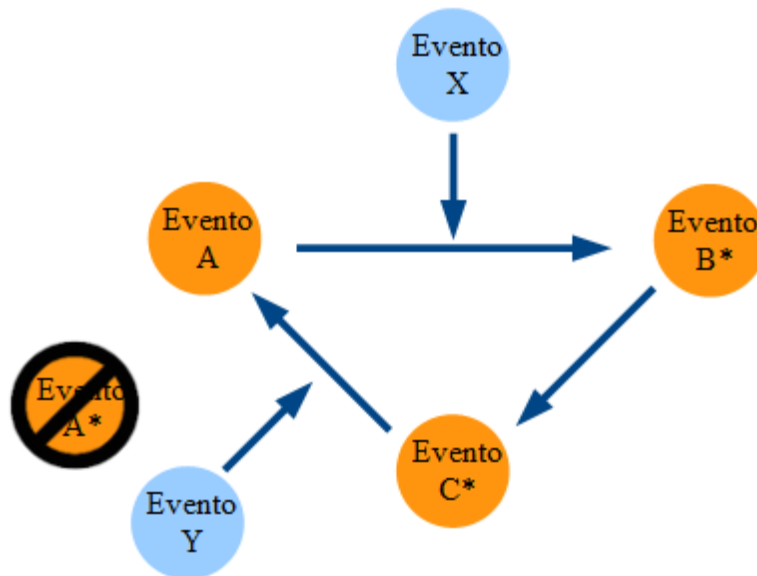


Figura 21

Esta solución al problema del engaño es muy cuestionable, porque visto con claridad, lo que se está planteando es una correlación entre el evento 'interventor', el evento X, y el evento 'corrector', el evento Y, ya que cada vez que en una cadena causal cerrada ocurra un evento interventor, deberíamos poder postular la presencia de un evento corrector, aun cuando estos eventos no estén causalmente conectados, o si efectivamente vamos a considerar que están causalmente conectados, tendremos que explicar cómo es que esta conexión causal existe. La naturaleza del evento Y queda sobre la mesa para ser analizada, porque pareciera que lo que se está planteando es que la 'realidad' (casi como una entidad consciente) es la que se encarga de que no existan paradojas.

Aun cuando esta relación entre los eventos interventores y los eventos correctores es muy cuestionable, existe un argumento que sigue sobre la idea de la consistencia. Esta respuesta al argumento del engaño ha sido presentada de una manera más refinada y lleva el nombre de “Principio de Autoconsistencia de Novikov”. Para poder enfrentar el problema planteado por el argumento del engaño, y como una manera de evitar las paradojas, a finales de los 80 el físico ruso Igor Dmitriyevich Novikov propuso un principio de autoconsistencia¹⁴² que puede ser formulado de la siguiente manera:

Los eventos en una curva cerrada de tipo tiempo están ya garantizados de ser autoconsistentes [...]; influyen entre sí en torno a una curva cerrada de modo auto-consistente, cíclico y auto-ajustado [...]. Las únicas soluciones a las leyes de la física que pueden ocurrir localmente en el Universo real son aquellas autoconsistentes globalmente.¹⁴³

La idea central planteada por Novikov es que frente a una curva temporal cerrada, cualquier evento que devenga en una paradoja tiene una probabilidad de ocurrir igual a cero. De esta manera, el principio permite que todas las soluciones que se puedan plantear a las leyes de la física deben ser globalmente autoconsistentes. De esta manera, se garantiza que no haya problemas en plantear una cadena causal cerrada pues no sería posible que ésta involucrara una violación a la causalidad, del tipo de las presentadas en el argumento del engaño.

Sin embargo, pareciera que lo que Novikov nos está pidiendo es tener que aceptar la

¹⁴² Novikov (1989).

¹⁴³ Novikov et al. (1990).

autoconsistencia como un requisito previo a la búsqueda de soluciones. Perfectamente uno podría cuestionar la necesidad de que las respuestas sean autoconsistentes, pues parece que más que estar frente a un principio como tal, nos enfrentamos a una conjetura deseable. Sin embargo, haremos una defensa del principio de autoconsistencia de Novikov pues éste nos garantiza que efectivamente estemos hablando de curvas cerradas de tipo tiempo y no de otra cosa (o en nuestro caso, de cadenas causales cerradas).

Desarrollemos esto más en profundidad. El argumento del engaño aparece como la principal manera de atacar cualquier noción que implique cadenas causales cerradas, y esto incluye viajes en el tiempo, retrocausación y curvas cerradas de tipo tiempo. Sin embargo, el argumento del engaño no ataca realmente a ninguna de estas nociones directamente, sino que sólo lo hace cuando una cadena causal cerrada (o cualquiera de las antes mencionadas) está construida de manera tal que es autoderrotable, y por lo tanto nos lleva a una paradoja. Ahora bien, para que el argumento del engaño pueda funcionar, es necesaria la existencia de un evento interventor (en los ejemplos y figuras anteriores, el evento X) que modifique la cadena causal para que los eventos cambien de modo que al final nos encontremos con dos eventos que son incompatibles, porque se requiere de antemano la posibilidad de poder modificar el entorno de la cadena causal cerrada en cuestión.

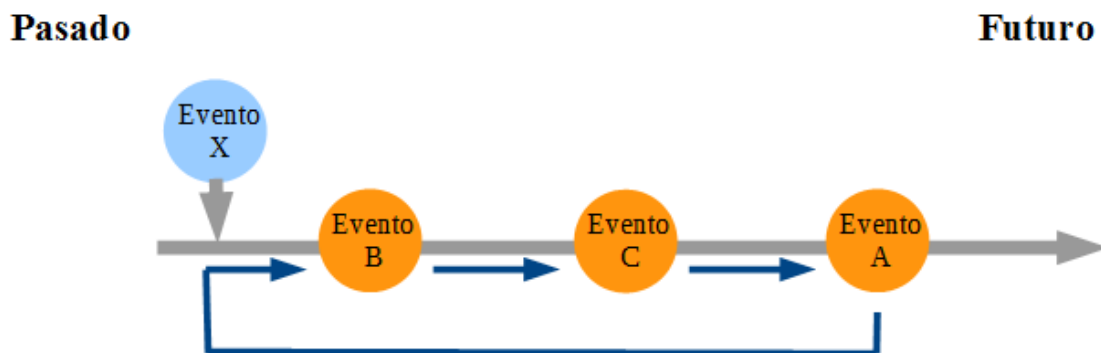


Figura 22

En la figura 22 vemos una cadena causal cerrada como la antes presentada¹⁴⁴, pero ahora marcamos una línea gris que representa la línea-mundo de, por ejemplo, un individuo. La flecha azul representa la relación de causa y efecto, tal y como ha sido hasta ahora en las figuras anteriores. La cadena causal cerrada podría ser el siguiente ejemplo: El evento A es un individuo que logra construir

¹⁴⁴ Cambiamos el eje temporal de izquierda a derecha para facilitar la comprensión visual a pesar de abandonar la convención anterior que respetaba los ejes habituales del espacio de Minkowsky.

una máquina del tiempo y viaja al pasado, el evento B es el individuo encontrándose consigo mismo en una versión más joven y convenciéndolo de ponerse a estudiar e investigar sobre el problema del tiempo en la física, y finalmente el evento C es el individuo terminando sus estudios y preparándose para construir una máquina del tiempo. Ahora, para que el argumento del engaño funcione, debe existir un evento interventor X, que transforme toda la cadena causal de modo que los eventos A, B y C se transformen en los eventos A*, B* y C*, de manera que exista una incompatibilidad entre estos eventos y uno de los eventos en la cadena causal cerrada original, produciéndose la paradoja. En nuestro ejemplo, el evento interventor X podría ser que una vez que el viajero construye la máquina y viaja al pasado, convenga a su yo más joven de que nunca investigue sobre el tiempo y que se dedique a, por ejemplo, la música. Así, el evento B ya no ocurriría, sino que ocurriría el evento B*, y lo mismo para los evento A y C.

Pero si analizamos cuidadosamente, veremos que el evento interventor X, si ha de existir, debe estar en el pasado de nuestro protagonista. Si ocurre un evento interventor X y éste no está originalmente en el pasado, entonces nuestro individuo realmente no ha viajado al pasado, sino que ha ido a otro mundo posible, un mundo en el que efectivamente hubo un evento interventor X. Esto se puede aplicar también a las curvas cerradas de tipo tiempo, pues para que tengamos una de ellas, es necesario que la línea mundo del individuo pase por el mismo punto dos veces, pero debe ser exactamente el mismo punto, y si hay cambios en el entorno, entonces no podríamos hablar realmente de que sea el mismo punto. Lo mismo ocurre para el caso de la retrocausación, pues no podemos hablar realmente de retrocausación si los efectos de una de las causas no están realmente en el pasado. Esto es de hecho tratado en el capítulo 9 sobre la importancia de un experimento que no abra la posibilidad de medir en el pasado los efectos de causas futuras, pues por definición, cuando hablemos de retrocausación, nos estamos refiriendo justamente a una causa que está en el futuro de su efecto^{145 146}.

En este sentido, el argumento del engaño pierde su fuerza, porque si estamos hablando de retrocausación y permitimos la modificación del entorno, realmente no tenemos un caso de una cadena causal cerrada ni tampoco tenemos en última instancia retrocausación, sino que tenemos otra cosa, pues estamos afirmando que la influencia causal del evento A en el ejemplo no fue a dar al pasado del individuo, ya que en el pasado del individuo no había un evento X, pues si lo hubiese habido, no

¹⁴⁵ Lo importante no es realmente poder medirla, es la cuestión de la huella del futuro en el pasado.

¹⁴⁶ Parte de la cuestión referente a la marca del futuro en el pasado para la retrocausación fue tratada en Núñez Pradenas (2012).

hubiese sido posible el viaje al pasado. Podemos notar entonces que realmente el argumento del engaño intenta proponer una topología temporal que incluye más de una línea de tiempo o más de una línea-mundo paralela para un mismo individuo¹⁴⁷, pues si retomamos el caso del viajero en el tiempo, en el pasado original del constructor de la máquina del tiempo no existe el evento X, y es por esto que él logra construir la máquina, pues es convencido de estudiar, finaliza sus estudios y construye su máquina, y si viaja a un lugar donde los eventos B, C y A no ocurrieron, no está viajando a su misma línea de tiempo, sino que está viajando a una línea de tiempo alternativa en donde efectivamente existe el evento interventor X y toda la cadena de eventos * (Figura 23). Lo importante de esto es que aquí no habría incompatibilidad de eventos, pues todo esto está ocurriendo en líneas temporales paralelas, por lo que el mismo argumento del engaño no sería efectivo.

Es importante no confundir la defensa del principio de autoconsistencia con una mera reformulación del mismo argumento del engaño, pero la conclusión opuesta. Efectivamente se podría pensar que se está apelando de igual manera a la idea de que no pueden haber paradojas, pero esto es una confusión, pues el principio de autoconsistencia, en la versión que estamos presentando y defendiendo, no va imponer evitar realmente los viajes en el tiempo, mientras que en el caso del argumento del engaño, se alude a una paradoja de círculo vicioso para intentar negar la posibilidad de existencia de viajes en el tiempo. Por otra parte, el argumento del engaño necesita para poder plantearse, la existencia del llamado evento X interventor, y dentro de él argumento no se está considerando que la mera existencia de ese evento es inconsistente con el cómo se dieron las cosas. Ese es el punto central de la diferencia entre el argumento del engaño y el principio de autoconsistencia, pues este último no permite, por cuestiones de consistencia y de identidad de una región espaciotemporal en particular, la modificación posterior del entorno de un evento. De todos modos, es claro que en ese sentido, el principio de autoconsistencia puede comprometer a sus defensores a un determinismo respecto al futuro, a menos claro que se asuma una postura del tipo bloque creciente, pero no nos centraremos en ese punto.

¹⁴⁷ Sin embargo, cabría cuestionarse si efectivamente este sería realmente el mismo individuo, pues en casos como estos es que se presentan problemas de identidad.

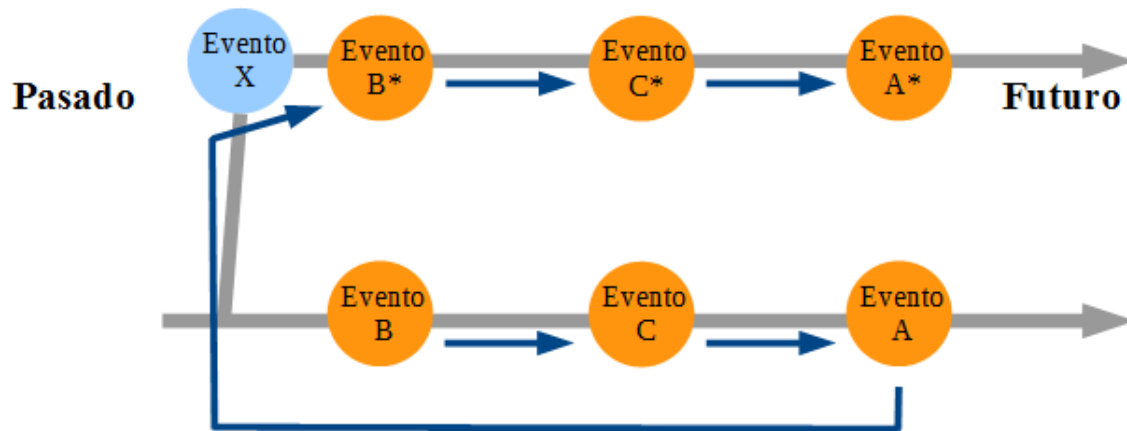


Figura 23

Vale la pena considerar que no hemos saldado el problema de si nos referimos a una línea temporal absoluta (y que el argumento del engaño nos pide que exista más de una) o si nos referimos a las líneas-mundo de los individuos. Lo importante de esto radica en que podemos pensarlo de las dos maneras, y esto puede ser tomado como una muestra de dos maneras de concebir el tiempo que provienen de metáforas cognitivas diferentes, tal y como vimos en el capítulo 4. La plasticidad del concepto tiempo se vuelve elemental para ver que podemos pensar ambas opciones.

Podríamos cuestionarnos por la naturaleza de estas líneas temporales alternativas, aun cuando, considerando nuestra propuesta ligada a la cognición corporeizada, esto no forme parte de nuestra investigación directamente. Éstas pueden ser consideradas, tal y como las hemos tratado hasta ahora, como mundos posibles. Ahora bien, si efectivamente vamos a postular el tipo de topología temporal propuesto por el argumento del engaño, ya no vamos a estar hablando ni de viajes en el tiempo, ni de retrocausalidad, ni de curvas cerradas de tipo tiempo. No queremos adentrarnos en esas aguas, pues de hecho, una de las motivaciones originales para poder postular procesos retrocausales era evitar hacer alusión a entidades como los mundos posibles para poder hacernos cargo de la causalidad física. Si efectivamente vamos a considerar que la retrocausalidad implica necesariamente hacer alusión a mundos posibles, tal vez sería mejor optar por otra de las interpretaciones de la mecánica cuántica, algunas de las que desde un principio hacen uso de mundos posibles para explicar los fenómenos y que no involucran retrocausalidad. De todos modos, recordemos que si apelamos al principio de

autoconsistencia de Novikov, no va a ser necesario apelar a mundos posibles.

El motivo de esto último, y de esta manera retomamos nuestra defensa del principio de autoconsistencia de Novikov, es que podemos pensar que el principio pone sus fichas en defender la consistencia en la línea temporal, y que de algún modo esta consistencia es inviolable si es que efectivamente queremos hablar de retrocausación. Adicionalmente, si aceptamos solo una línea temporal, entonces el principio de autoconsistencia se sigue necesariamente. Una topología temporal mínima reducida a una sola línea temporal se sigue de la idea de volver a un punto del espacio – tiempo ya visitado. Esto es de suma importancia por el mismo motivo por el que dejamos de lado la respuesta de Lewis ya que las diversas líneas temporales no son sino mundos posibles, y en este sentido tenemos que aceptar entonces que ya no estamos hablando de retrocausación como tal, sino que estamos hablando de *causación transmundana*, lo que es más problemático. De esta manera, sólo serían aceptables aquellas respuestas que fueran consistentes con el evento original (y con la línea temporal única). Un ejemplo de esto, aplicado al problema de la bola de Polchinski, podría ser que la bola caiga por el agujero de gusano, viaje al pasado, se encuentre con ella misma en el pasado, golpee la bola del pasado y que sea este golpe el que haya causado inicialmente que la bola cayera por el agujero de gusano. Por supuesto, esto sería igual a negar si quiera la posibilidad de plantear el argumento del engaño pues no cabría la posibilidad de modificar el entorno de una cadena causal cerrada, o si bien, se pudiese modificar el entorno, que esta modificación debe haber estado presente en el pasado originalmente, de modo que no se pueda producir un evento incompatible que genere inconsistencias.

Finalmente, parece claro que la mecánica cuántica presenta un reto a nuestros conceptos de tiempo y de causación, y por lo visto, estaría exigiéndole cambios a nuestros conceptos, ya sea aceptar que efectivamente tenemos causalidad no-local (con todos los costos que esto implica), o aceptar eventos no causados, o tal vez otra propuesta. En esta línea, nuestros conceptos tanto de tiempo como de causa no son conceptos especialmente restringidos si es que lo analizamos con cuidado, ya que hemos visto a lo largo de esta investigación que podemos hablar de varios tipos de causa y que podemos concebir el tiempo de muchas maneras posibles. No parece poco sensato generar una nueva idea de causación o una nueva idea de tiempo en la mecánica cuántica basándonos en la idea de que si aceptamos que estos conceptos están directamente relacionados con nuestra experiencia común en el mundo macrofísico, y dado que normalmente no tenemos experiencias con el mundo microfísico, entonces tenemos básicamente un paño en blanco sobre el que fundar un concepto de causación y un

nuevo concepto de tiempo¹⁴⁸. Por otro lado, ya desde el siglo pasado hemos empezado a tener ciertas experiencias a nivel cuántico, por lo que debiésemos fundar nuestros nuevos conceptos sobre estas experiencias y no sobre nuestras anteriores experiencias con el mundo macrofísico. Tal vez lo más importante de estas experiencias es que en aquellos casos más complejos, los que presentan situaciones, en palabras del mismo Einstein, más 'espeluznantes', parece lo que está sucediendo realmente es que estamos extendiendo demasiado el lenguaje, estamos tratando literalmente aquello que es metafórico pues estamos intentando aplicar conceptos de un nivel a otro.

¹⁴⁸ Capítulos 5, 8 y 9.

Conclusiones

En los primeros capítulos nos concentramos en ordenar y exponer algunas de las problemáticas asociadas al concepto de tiempo a lo largo la historia de la ciencia y de la filosofía. La idea principal en ese punto fue presentar, sin intenciones exhaustivas, algunos de los problemas que serían relevantes para el desarrollo de este trabajo, particularmente aquellas que tendrían posteriormente su reflejo en las discusiones contemporáneas en lo que al tópico del tiempo refiere, y en especial en aquellas que han ido de la mano del desarrollo de la ciencia.

Por esto último es que en un principio, concentramos nuestra atención en la descripción del tiempo de la física relativista, en particular en el antecedente previo a esta teoría dado por Minkowski al plantear a espacio y tiempo ya no como dos cuestiones separadas, sino que como un todo tetradimensional. Así, la teoría de la relatividad plantea como gran telón de fondo el que nuestra realidad física se da en este entramado dimensional.

A continuación, comenzamos a escudriñar la naturaleza del tiempo tomando en consideración y concentrándonos en dos de sus características más relevantes: el fluir del tiempo y la asimetría temporal asociada. En este punto pudimos destacar algunos de los problemas metafísicos que conlleva una discusión sobre la naturaleza del tiempo, en particular la discusión presentismo/eternismo/posibilismo. Un elemento a destacar respecto a esta discusión es su relación con el estado actual de la ciencia, pues al menos en una primera instancia parecería que la cuestión estaría zanjada de parte al menos de la física relativista, ya que esta teoría parece ser incompatible al menos con el presentismo. Este punto fue, posteriormente en el desarrollo de nuestro trabajo, de suma importancia, en especial a la hora de considerar las consecuencias de las teorías retrocausalistas. Volveremos sobre este punto un poco más adelante.

En la discusión sobre las características del tiempo, nos concentramos en analizar la naturaleza

de la asimetría causal. Tal y como desarrollamos desde el capítulo dos, uno de los tópicos filosóficos más relevantes en la problemática sobre el tiempo está en la distinción entre pasado y futuro. Esta asimetría la encontramos en varios ámbitos de la discusión, y va a ser una cuestión central en nuestro concepto de tiempo, pues nuestra experiencia básica de lo que parece ser el tiempo nos revela la asimetría mencionada. Uno de los puntos más relevantes dentro de nuestro trabajo fue justamente destacar el componente antropocéntrico de nuestro concepto de tiempo en las ciencias, y en la discusión sobre la asimetría aparece uno de los primeros indicios de dicho componente. Para poder capturar lo básico de la asimetría temporal será necesario añadir algún componente que vaya más allá de la mera dimensionalidad del tiempo, pues la sola descripción física no logra dar cuenta de la asimetría.

Podemos ver esto apelando a la visión eternista de la discusión sobre la naturaleza del tiempo. Aún si aceptáramos este modelo tetradimensional, modelo que parece tener cierto soporte en la física relativista, sólo tener el universo en bloque no nos permite distinguir entre pasado y futuro, de la misma manera en que en un mapa no nos basta para poder describir el tráfico en una ciudad, pues no sabríamos el sentido del tráfico en cada calle si el mapa no tuviese las flechas.

Es entonces en la búsqueda de la asimetría temporal en donde encontramos diferentes candidatos para dar cuenta de la diferencia entre pasado y futuro. Vimos como en física podemos encontrar varias flechas, a saber, la flecha cosmológica, la flecha de la radiación, la flecha termodinámica y la flecha de la causación. Vimos como en gran medida podemos reducir las primeras dos flechas a la flecha de la termodinámica, y mostramos algunos de los problemas que se presentan para la física a partir de esta flecha temporal.

La flecha de la termodinámica está presente en la física específicamente por la segunda ley de la termodinámica según la cual la entropía en un sistema cerrado tiende a aumentar. Notamos claramente la distinción entre pasado y futuro en esta ley, ya que establece que en el futuro la entropía de dicho sistema será mayor. Con esta flecha podemos explicar gran parte de la asimetría temporal a la que nos enfrentamos en el macrouniverso. Sin embargo, mencionamos cómo existen problemas para establecer la segunda ley de la termodinámica debido a que las leyes fundamentales en física parecen ser esencialmente simétricas. Los movimientos de las moléculas son controlados por las leyes de la mecánica clásica, y son por tanto, en este nivel, perfectamente reversibles. Pero por otro lado, los

procesos de nuestro universo macro son irreversibles. Este problema es conocido como la paradoja de Loschmidt.

Sin embargo, vimos cómo podemos encontrar en física, en manos de Boltzmann, una relación entre la entropía y la teoría cinético-molecular a partir de la presunción de caos molecular. Esta presunción permite entonces explicar el incremento en la entropía, pero es importante destacar que, a juicio de Huw Price, la presunción de caos molecular es una instanciación de un principio más general, el principio de independencia de las influencias entrantes, en donde se asume que las propiedades de sistemas interactuantes son independientes antes de que interactúen, y no después. Destacamos cómo es que este principio, y por lo tanto la presunción de caos molecular de Boltzmann a su vez, es un principio epistémico y no una ley física fundamental.

Vemos entonces cómo es que este principio va a tener un componente antrópico importantísimo, pues está fundado en nuestra experiencia con el mundo macroscópico, y sin embargo, es una parte fundamental de lo que entendemos en ciencia por tiempo.

Una vez analizadas las flechas temporales antes mencionadas, nos abocamos a la última de las flechas temporales que presentamos a lo largo de este trabajo: la flecha de la causación como posible candidata a ser la responsable de la asimetría temporal. La asimetría causal viene dada por la diferencia existente entre causa y efecto, pues, al menos desde un enfoque tradicional, la causa precede al efecto y no al revés. Vale la pena destacar que el principal defensor de la importancia que cumple la causación en la asimetría temporal fue Hans Reichenbach, quien presentó varias propuestas para poder dar cuenta de la flecha del tiempo. Una de sus propuestas va a concentrar sus esfuerzos justamente en poder asociar de algún modo la causación a las leyes del mundo físico, y para hacer esto va a proponer un modelo de causación en donde en un proceso causal va a existir algo físico, una marca regida por las leyes de la física, que se preserve desde el inicio hasta el final del proceso. De este modo, Reichenbach va a presentar un modelo de causación física que pudiese, dentro de sus aspiraciones, dar cuenta de la asimetría en el mundo. Este modelo de causación física tuvo varios continuadores, destacando principalmente a Wesley Salmon y Phil Dowe.

En nuestro trabajo dimos cuenta de cómo el proyecto de Reichenbach no está exento de grandes y serias dificultades, pues la noción misma de causación va a traer consigo un gran cúmulo de

problemas filosóficos asociados. En lo que respecta al desarrollo de nuestro trabajo, dimos cuenta en particular de la importancia de los hablantes en la definición de la causación, lo que tomamos como un antecedente más para evidenciar de la importancia del componente antrópico en el concepto de tiempo en las ciencias, pues intentamos mostrar la relevancia de la causación como uno de los elementos relevantes del concepto mismo de tiempo.

A partir de estas conclusiones nos avocamos al análisis mismo del concepto de tiempo con la intención de poner en evidencia el aspecto antrópico presente en éste. Teniendo ese fin como nuestro objetivo es que presentamos primero el enfoque de la cognición corporeizada, para luego poder aplicar este enfoque de manera específica al concepto de tiempo.

Presentamos como es que la cognición corporeizada se presenta como un enfoque que va a considerar que la corporalidad de los individuos es central en los procesos cognitivos de este, de modo tal que la suma de todas las características físicas, no solo la constitución neuronal, va a desempeñar un rol constitutivo en el procesamiento cognitivo. Dado lo anterior es que las experiencias a las que nos enfrentamos como consecuencia de nuestra corporalidad van a cobrar una relevancia especial en aspectos cognitivos como la elaboración de conceptos o en la obtención de categorías. Para la cognición corporeizada, lo básico es la experiencia corpórea, y a partir de dicha experiencia es que se van desarrollando, por medio de varias herramientas cognitivas, nuestros conceptos más abstractos. En esta misma línea, la capacidad de razonar va a ser un producto de nuestra evolución, un mecanismo más de supervivencia de las especie. La universalidad de la razón entonces viene dada por nuestra biología en común, la que nos ha dado acceso a experiencias que son compartidas por en gran medida a nivel de especie.

Para la cognición corporeizada, uno de los puntos más relevantes consiste en la importancia de los procesos cognitivos inconscientes, los que estarían presentes, a juicio de Lakoff y Johnson, incluso en la reflexión filosófica. Vale la pena recordar que para estos autores, el inconsciente cognitivo va a incluir procesos que ocurren "tras bambalinas", como por ejemplo, cuando entablamos una conversación, en donde gran parte de lo conversado está en la consciencia, pero una parte no menor, todo el manejo de la semántica y la gramática, va a ocurrir de manera inconsciente. De este modo, los conceptos utilizados en la reflexión filosófica pueden ser reconsiderados tomando en cuenta al inconsciente cognitivo, el que incluye no solo operaciones cognitivas automáticas, sino que también

conocimiento implícito.

Lakoff y Johnson van a poner especial énfasis en la necesidad de cierto soporte neuronal en la forma de una suerte de estructuras neuronales para poder generar todo concepto. Estas estructuras neuronales se conformarían a partir de las experiencias fundacionales o primarias que no son en principio de naturaleza conceptual, sino más bien visual, motora o incluso auditiva. Es a este nivel en que se conformaría la categorización, de modo que esta no estaría ocurriendo solo a nivel intelectual mediante abstracciones, sino que vendría dada por cierta configuración neuronal asociada: las estructuras mentales no serían otra cosa sino estructuras neuronales.

En ese punto, planteamos las similitudes entre el modelo de Lakoff y Johnson con el modelo de Fuentes y Miguel, quienes de manera similar plantean un modelo topográfico que tiene sus bases en un nivel neuronal, es decir, que podría dar cuenta de las estructuras neuronales en el cerebro. En ambos casos, las categorías van a ser cuestiones de grado. Por un lado, el modelo de cuencas de Fuentes y Miguel considera casos prototípicos alojados en el fondo de una cuenca conceptual, casos normales que están en la depresión de la cuenca pero no en el fondo, y casos levemente apropiados, que se encuentran apenas entrando en la depresión de la cuenca. Por su parte, el modelo de Lakoff y Johnson hace uso también de una metáfora espacial, pero en términos de contenedores, de modo que un concepto es menos prototípico en la medida en que contiene a otros conceptos más prototípicos, o dicho de otro modo, en el centro encontramos el caso prototípico y en la medida que nos vamos alejando nos vamos encontrando con las variaciones del concepto prototípico.

En ambos casos, las estructuras mentales van a tener un correlato a nivel de estructuras neuronales en nuestro cerebro. Por su parte, cada concepto se caracteriza por la capacidad inferencial que posee, la que le permite vincularse con otros conceptos preservando las inferencias. Tomando en consideración entonces los modelos antes presentados, toda inferencia conceptual es en una última instancia una inferencia sensoriomotora, por lo que afirmamos que si asumimos estos modelos, entonces aceptamos que no hay una separación última entre nuestras habilidades racionales y nuestro sistema sensoriomotor. Esto además trae como consecuencia que las categorías no serían independientes de los humanos, y que la realidad misma no vendría categorizada.

Luego, en nuestro trabajo, hicimos una descripción de cómo es que se plantea el modelo de metáforas conceptuales propuesto por Lakoff y Johnson, e intentamos mostrar cómo es que se da el

traspaso inferencia desde los distintos tipos de esquemas conceptuales planteados. La idea principal de dicha exposición fue sentar las bases de la descripción que luego hicimos sobre el concepto central de este trabajo, el concepto de tiempo.

Al concepto de tiempo, en particular, de tiempo corporeizado, le dedicamos un capítulo completo, en donde describimos cómo es que a partir de las ideas de la cognición corporeizada y las metáforas conceptuales podemos construir el concepto de tiempo en las ciencias. Para esto, utilizamos herramientas conceptuales como la metonimia en adición a la metáfora. Así, se propuso que una parte importantísima de nuestro entendimiento del tiempo va a ser relativa a nuestro entendimiento de otros conceptos, en particular de los conceptos de movimiento, espacio, eventos, cambio y causa.

Por parte de la metaforización referente al tiempo, y tomando en consideración que la complejidad del concepto de tiempo no puede ser abarcada sólo a través del uso de la metonimia, se presentaron algunas de las metáforas que nos permiten conceptualizar el tiempo. La intención no fue hacer una listado exhaustivo de todos los mecanismos que utilizamos en dicha tarea, sino más bien mostrar una buena gama de ellos que nos dan pistas sobre la relevancia del componente antrópico presente en el concepto de tiempo, tanto en su uso ordinario como en las ciencias.

De las metáforas que se mencionaron destacamos cómo es que gracias a ellas y a su capacidad de traspasar el poder inferencial de un dominio a otro hemos podido entender el tiempo de diferentes maneras. Es así como, por ejemplo, la metáfora de la orientación temporal nos permite establecer una de las bases para la asimetría temporal pues establece una diferenciación clara entre pasado y futuro al agregar al dominio del tiempo cuestiones que tienen que ver con inferencias de índole espacial. Por otro lado, la metáfora del tiempo en movimiento y su variación, la metáfora del tiempo como sustancia, nos dan acceso al transcurrir temporal, pero además nos permite distinguir dos modos distintos en los que conceptualizamos el tiempo, pues en la metáfora del tiempo en movimiento estamos conceptualizando el tiempo de modo tal que se nos presenta como un pasar de objetos discretos, mientras que en la metáfora del tiempo como sustancia el tiempo se nos presenta como un continuo. En nuestra mente van a convivir tanto el tiempo discreto como el tiempo continuo, de la misma manera en la que, por ejemplo, conviven en nuestra mente el número uno como un número natural con el número uno como número real, uno discreto y el otro continuo. Lo relevante de esto es que estamos conceptualizando el tiempo de modo tal que le permitimos dos características que no podrían darse a la

vez referidas al tiempo pues o el tiempo es discreto o el tiempo es continuo. Son dos conceptualizaciones diferentes y sin embargo aceptamos ambas.

Es importante destacar cómo es que uno de los principales elementos responsables de permitir el traspaso inferencial desde el dominio origen del espacio al dominio de llegada del tiempo es el esquema origen-camino-meta mencionado en el capítulo 4. Este esquema no solo es importante en la conformación de nuestro concepto de tiempo, sino que también vimos su relevancia en las metáforas fundantes de la aritmética, lo que nos permite agregar un nexo adicional en la manera en la que conceptualizamos el tiempo y de cómo es que esta conceptualización se nutre también por la conexión entre tiempo y números expuesta en el capítulo 6.

Una de las ideas principales detrás la exposición de las metáforas conceptuales y las distintas maneras de conceptualizar el tiempo es exponer la capacidad de obtener distintas maneras de pensar y entender el tiempo. Si efectivamente adscribimos al planteamiento de Lakoff y Johnson al respecto, entonces podemos afirmar también que el concepto de tiempo y las características que le atribuimos estarían ligadas, por una parte, a nuestra experiencia en el mundo, y por otra parte, a los mecanismos biológicos que nos dan acceso a tener esas experiencias. Ahora bien, dado a que las bases biológicas son compartidas por nuestra condición de humanos, las experiencias, que si bien están limitadas a la base biológica, son múltiples, de la misma manera en que son múltiples los modos de conceptualizar el tiempo, y esto podemos verlo tanto a lo largo de la historia de la humanidad como en las distintas culturas que conceptualizan y le atribuyen al tiempo características diversas. Diversos grupos humanos han pensado el tiempo con diferentes características.

Sin embargo, a pesar de apoyar en gran medida el trabajo de Lakoff y Johnson, debemos hacer patente que las metáforas básicas que nos presentan dichos autores, aun cuando logran capturar algunas de las características atribuidas al tiempo, no son suficientes para caracterizar el concepto de tiempo en las ciencias. Para esto es necesario agregar nuevas metáforas o modificar algunas de las metáforas fundantes. Lo relevante de esto es que los cambios necesarios y las metáforas agregadas para obtener el concepto de tiempo en las ciencias no siempre provienen de experiencia previas ni del inconsciente cognitivo, sino que muchas de estas se agregan por medio de cambios culturales o desarrollos conceptuales específicos. Uno de los ejemplos que presentamos de esto fue la cronometría, en donde el tiempo es tratado como una escala numérica. Esta metáfora no forma parte de las metáforas fundantes,

y fue agregada a nuestro concepto de tiempo a partir de un proceso consciente de matematización de la experiencia temporal. Por supuesto, y en concordancia con el trabajo de George Lakoff, Mark Johnson y Rafael Núñez, es posible encontrar las metáforas fundantes de dicha matematización a través de la aritmética corporeizada, pero es relevante destacar que este proceso no ocurrió de manera inconsciente. El tratar al tiempo como una secuencia numérica no es algo que siempre se dio en la humanidad, y sabemos de muchas culturas que de hecho no han hecho, tal y como lo mencionamos en el capítulo 4.

Uno de los ejemplos centrales de lo mencionado anteriormente lo encontramos en la teoría general de la relatividad, en donde se toma la metáfora básica del tiempo como paisaje, pero se extiende de manera tal en que el tiempo se considera una dimensión espacial más gracias al desarrollo de Minkowski y la idea de espaciotiempo. Esta extensión de la metáfora no solamente da espacio a una nueva serie de inferencias respecto al tiempo, sino que además nos obliga a descartar algunas de las características más intuitivas del tiempo, como es la existencia de simultaneidad, y de algún modo nos lleva a ciertas consideraciones especiales respecto a los objetos a través del tiempo, dándole cierto apoyo a algunas de las ideas del eternalismo.

Ahora bien, dado a que las metáforas están instanciadas en nuestro cerebro, y debido a que existen muchas maneras en las que podemos conceptualizar el tiempo, entonces podríamos aceptar también que hay diversas corporeizaciones que puedan asumir a nivel neuronal la función estructurante del tiempo, de manera tal que la idea de que podamos hablar de cierta plasticidad de nuestro concepto de tiempo no sólo se queda en el ámbito conceptual, sino que también estamos hablando del nivel neuronal.

Avanzando en la exposición de los resultados de nuestro trabajo, y continuando con la relación existente entre tiempo y la experiencia, en el capítulo 5 analizamos la posibilidad de existencia de tiempo sin cambio a partir del trabajo de Sydney Shoemaker, quien intenta mostrar que la conexión entre cambio y tiempo no es de carácter necesaria y que, dada ciertas condiciones particulares, las personas podrían tener buenos motivos para plantearse la existencia de tiempo sin cambio. La intención tras el análisis del caso presentado por Shoemaker fue explorar la relación existente entre tiempo y cambio debido a es en gran medida a través de la experiencia de cambio que tenemos acceso al tiempo. Haciendo referencia a la investigación del tiempo corporeizado, las bases de la conceptualización sobre el tiempo descansan sobre nuestra capacidad de captar el cambio en el mundo y de la experiencia

obtenida de esto.

En nuestro trabajo intentamos mostrar que el ejemplo presentado por Shoemaker va a existir, a fin de cuentas, un intento de someter la observación a la postulación de leyes. Esto nos llevaría a postular la existencia de una entidad tiempo de antemano, de modo que parece ilícito, a partir de esta postulación previa, intentar obtener una prueba de dicha entidad.

Cuando presentamos las características del tiempo corporeizado, mencionamos la relación existente entre matemáticas y tiempo. La relevancia de esta relación radica en que la conexión entre estos dos ámbitos no es una conexión que se da de manera natural, y de hecho, hemos visto a través de la historia de la humanidad como es que muchas culturas no han planteado el nexo estrecho entre tiempo y matemáticas, específicamente porque generaron una cronometría en base a escalas numéricas. Lo más importante en lo referente a nuestra investigación respecto a esto radica en que existe una serie de características que nos permiten modelar nuestro concepto de tiempo en las ciencias que tienen su origen precisamente en nuestra manera de medir el transcurso del tiempo. Por este motivo es que, del mismo modo en que planteamos las bases del tiempo corporeizado, hicimos una revisión de las bases corporeizadas de la aritmética.

En dicha revisión intentamos mostrar cómo es que las cuatro metáforas fundantes para la aritmética planteadas por Lakoff y Núñez van a darnos aspectos fácilmente reconocibles en nuestra manera de entender el tiempo gracias a la matematización de este producida por la necesidad de medir el tiempo a través de escalas numéricas. De esta manera, y gracias al mecanismo de las metáforas vinculantes es que vamos a poder traspasar gran parte del vasto poder inferencial de la aritmética al dominio de llegada del tiempo. Es importante destacar que algunas de las metáforas fundantes para las matemáticas no son tan diferentes a algunas de las metáforas básicas planteadas para el tiempo, y es que parece que existe una base en común que conectaría en un paso previo a la conceptualización tanto de la aritmética como del tiempo, y esta base en común parece ser de índole netamente espacial.

El último de los componentes que analizamos del concepto de tiempo en las ciencias fue el de la causación. Antes ya destacamos la importancia de la dirección temporal, la asimetría temporal, y del transcurrir del tiempo en lo referente a la constitución misma del concepto de tiempo en las ciencias. Sin embargo, presentamos lo difícil que es poder encontrar las bases de la asimetría temporal en el

mundo, pues parece que en última instancia es inevitable detectar la presencia de cierto componente antrópico en esta característica del tiempo. De las diferentes flechas temporales que anteriormente habías mencionado, dejamos un capítulo en particular para la flecha de la causación, con la intención de proponer que el carácter antropocéntrico de la dirección temporal está justamente radicado en nuestra manera de entender los procesos causales, a partir de nuestro concepto de causación. En esta línea, lo que planteamos fue primero analizar las dificultades en la referencia y definición de qué entendemos por causación, y luego presentar cómo es que podemos modelar la causación a partir de la cognición corporeizada.

En un principio, y a partir del trabajo de varios autores, logramos identificar varios tipos de causación. Sin embargo, postulamos que lo que subyace a los diferentes tipos de causación es que mucho de lo que entendemos por causa está planteado a nivel metafórico, de modo que las metáforas van a ser constitutivas de lo que entendemos por causa. La variedad de metáforas es amplia, y provienen ellas en gran medida de la experiencia corpórea diaria. Considerando esto, planteamos, dentro de la línea del trabajo de Lakoff y Johnson, la presencia de un "esqueleto literal" presente en el concepto de causación a partir del cual todos los otros tipos de causación se desarrollarán como extensiones, ya sea literales o metafóricas. La experiencia base que conformaría entonces este esqueleto literal estaría radicada en la manipulación de objetos por la fuerza a partir del uso voluntario de nuestro cuerpo para cambiar el entorno. Esta experiencia sería entonces la causación prototípica.

La extensión desde la causación prototípica hasta los diferentes tipos de causación se realizará gracias a las distintas metáforas cognitivas para la causación. En nuestro trabajo analizamos dos de estas metáforas, la metáfora evento-estructurada de locación y la metáfora de las causas como fuerzas, y vimos cómo es que podemos encontrar algunas variaciones de ellas. Siempre es bueno recordar que estas metáforas no tienen por qué necesariamente agotar la conceptualización de un concepto, y que adicional a cada mapeo de los presentados podemos encontrar una serie de sub-mapeos. La principal conclusión que obtuvimos del análisis sobre la causación está en que, dada la relevancia de ésta en nuestro concepto de tiempo en las ciencias, y si adscribimos a las ideas anteriormente presentadas, entonces tenemos ya, sumando el análisis sobre tiempo corporeizado y sobre aritmética corporeizada, un panorama más bien amplio del componente antrópico existente en el concepto de tiempo en las ciencias.

Ahora bien, considerando la relevancia de la causación de la manera en la que ha sido expuesta, vale la pena adentrarnos en los problemas asociados a estas desde el punto de vista de las ciencias mismas. Es por esto que en los capítulos 9 y 10 nos concentramos en algunos de los problemas asociados a ciertos modelos de causación física aplicados a las ciencias en relación a la idea de tiempo.

El primer problema respecto a la causación en referencia al tiempo en el que nos enfocamos en nuestro trabajo fue el de la posibilidad de existencia de procesos retrocausales en la física, específicamente en mecánica cuántica. Si efectivamente es posible la retrocausación, entonces no podemos considerar que el componente asimétrico del tiempo viene dado por la causación. El origen de este problema vino dado por una de las muchas interpretaciones de la mecánica cuántica, la interpretación transaccional de John Cramer. La relevancia de esta interpretación radica en que es una postura que ha favorecido algunos modelos de causación física que intentan compatibilizar los resultados de la mecánica cuántica con los de relatividad. Sin embargo, para que dicha tarea se cumpla a cabalidad, se requiere aceptar que en algunos eventos la causa esté ubicada temporalmente después del efecto, es decir, tendríamos que aceptar la posibilidad de existencia de la retrocausación.

Este paso, el de aceptar la posibilidad de interacción causal hacia el pasado va a romper con la asimetría requerida por la flecha temporal, de modo que aceptar esa posibilidad nos dificulta, aunque no imposibilita, la tarea de establecer la asimetría temporal en la asimetría causal. Sin embargo, va a ser necesario replantear el análisis al concepto de causación, para lo que pudimos regresar a nuestro análisis de la causación corporeizada. Planteando la situación desde ese marco teórico, uno de los puntos que resalta por su importancia fue la fuerte conexión entre los conceptos y las bases experienciales a las que están unidas. Tomando esto en consideración, entonces parece evidente que nuestro concepto de causa va a estar directamente relacionado con las experiencias que tenemos en el mundo al que tenemos acceso, pues no hay experiencia de aquello que a lo que no nos enfrentamos. Esto en ningún caso va plantear que sea necesario mantener siempre conectado el concepto a la experiencia física, pues si así fuese, entonces no podríamos haber planteado distintos tipos de causación. Las extensiones metafóricas son las que nos permiten desconectar el concepto de causa de su base prototípica. De este modo, la aplicación de nociones causales al microuniverso en el que se mueve la cuántica no es imposible, pero tenemos que tener la claridad de plantear la noción de causación en cuántica no cercana al esqueleto literal, sino que como una extensión metafórica del concepto.

Ahora bien, los concepto no sólo se nutren por las metáforas y el traspaso inferencial que a través de ellas se produce, sino que también van a conformarse por contenido que se establece a través procesos consciente, como nuestras consideraciones científicas, de las misma manera en la que, por ejemplo, nutrimos al concepto de tiempo con una serie de características de las series numéricas al tiempo en un modo que si bien planteamos como metafórico, no ocurrió a través del inconsciente cognitivo, sino que se hizo a través de cambios establecidos por consideraciones teóricas y prácticas. La relevancia de esto recae en que la elección de cuál va a ser nuestro concepto de causa no va a ser arbitraria, y de hecho, podemos de algún modo entender cuando una metáfora es apropiada y cuando no lo es bajo ciertos criterios, y en el caso de las ciencias, el criterio podría estar en el desarrollo de la cuestión en un momento específico¹⁴⁹. Por ejemplo, el límite de la velocidad de la luz para las interacciones causales no viene dado por traspaso metafórico alguno, sino que viene asociado a una teoría específica. Las metáforas conceptuales, tal y como lo hemos mencionado, preservan la inferencia, y estas inferencias pueden tener consecuencias no metafóricas, de modo que en ese nivel podemos probar si una metáfora es científicamente adecuada o no. En particular para el caso de la causación, lo principal es conservar el esqueleto literal.

Si bien la retrocausación conserva el esqueleto literal antes mencionado, el orden temporal queda alterado, y esto es altamente contraintuitivo en gran medida por la fuerza que tiene en nuestra manera de entender la causación el caso prototípico, pero dicho caso prototípico está fundado en nuestra experiencia en el macrouniverso, no en el mundo cuántico, por lo que no parece del todo descabellado pensar en la posibilidad de aceptar la retrocausación como una extensión metafórica empobrecida de la causación para ser aplicada en cuántica. Sin embargo, esto nos va a enfrentar a dos problemas. El primero, tener que definir si efectivamente la metáfora es científicamente adecuada, y el segundo, si es la metáfora efectivamente es científicamente apropiada, enfrentar los problemas asociados a la retrocausación.

El primero de estos problemas fue tratado en capítulo 9, con la finalidad de mostrar que, bajo ciertas condiciones, sería posible obtener alguna medición de procesos retrocausal que pudiese al menos definir si es que la noción misma de retrocausación es aceptable en ciencias. En caso de no tener

¹⁴⁹ Cuál va a ser el criterio en ciencia en una cuestión problemática, pero que excede las intenciones de este trabajo. Podría ser la misma experiencia, el consenso científico o tal vez otro, pero no está dentro de los objetivos de este trabajo zanjar dicho problema.

ningún tipo de prueba o indicio al menos de la existencia de retrocausación, parece muy costoso tener que aceptar dicha versión de la causación. Pero si llegásemos a tener algún tipo de experiencia, un soporte empírico, entonces podríamos considerar a la retrocausación algo más que una extensión metafórica con usos instrumentales, como en principio hemos postulado, sino que podríamos arriesgarnos a considerar que efectivamente podrían existir procesos retrocausales, literalmente hablando.

Nuestra postura sería entonces la de aceptar que la retrocausación nos puede ofrecer un modelos explicativo generalizable para casos como los de correlación entre partículas entrelazadas, pero no necesariamente comprometiéndonos con la ocurrencia efectiva de este tipo de fenómenos causales en el microuniverso, pues consideramos que ese punto está por definirse y será la ciencia la que nos permita avanzar en esa línea. Sin embargo, en caso de que efectivamente recibiéramos el soporte empírico necesario, el modelo de retrocausación no estaría exento de problemas, siendo tal vez el principal de estos la posibilidad de existencia de cadenas causales cerradas autoderrotables. En la última parte de nuestro trabajo nos concentramos en plantear las dificultades, siendo tal vez su forma más conocida la de la paradoja del abuelo, el argumento del engaño.

12. Bibliografía

- Antell, S. E.; Keating D. P. (1983). Perception of numerical invariance in neonates, en *Child Development*, 54:695-701.
- Argaman, N., (1983). "Bell's Theorem and The Causal Arrow of Time", en *International Journal of Theoretical Physics* 22: 377-384.
- Armstrong, D. M. (1988). *Los universales y el realismo científico*. Universidad Autónoma de México, México.
- Armstrong, D. M. (1997). *A World of States of Affairs*. Cambridge University Press, Great Britain.
- Aristóteles (2004) *Política*. Traducción de M. García Valdéz. Editorial Gredos.
- Aspect, A.; Grangier, P.; Roger, G. (1982). "Experimental Realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm Gedankenexperiment: A New Violation of Bell's Inequalities". *Physical Review Letters*. 49 (2): 91-94.
- Austin, J. L. (1962) *How to Do Things with Words*. Clarendon Press, Oxford.
- Balaguer, M. (2009) *Realism and Anti-Realism in Mathematics*, en Irvine, A. (ed.) *The Philosophy of Mathematics (Handbook of the Philosophy of Science series)*. North-Holland Elsevier. Páginas 35-101.
- Barker, S. (1965) *Filosofía de las matemáticas*. Editorial UTEHA, México.

- Becchi, C. M., D'Elia, M. (2007). *Introduction to the Basic Concept of Modern Physics*, Springer Verlag - Italia.
- Beebe, H., Hitchcock, C., Menzies, P. (compiladores), (2012) *The Oxford Handbook of Causation*. Oxford University Press; Reprint edition,.
- Belot, G. (2013) "Time in Classical and Relativistic Physics" en *A Companion to the Philosophy of Time*, Dyke, H. y Bardon, A (editores), pp. 185 – 200. Wiley-Blackwell.
- Benford, G.; Book, D. L.; Newcomb, W. A. (1970). "The Tachyonic Antitelephone". *Physical Review D*. 2: 263–265.
- Bijeljac-Babic, R.; Bertoncini, J.; Mehel, J. (1991). How do four-day-old infants categorize multisyllabic utterances? *Developmental Psychology*. 29: 711-721.
- Black, M. (1956). "Why Cannot an Effect Precede its Cause", *Analysis*, 16: 49–58.
- Born, M.; Einstein, A. (1979). *The Born-Einstein Letters*, Walker, New York.
- Bostrom, N., (2002). *Anthropic Bias: Observation Selection Effects in Science and Philosophy*, Routledge, New York.
- Bridgman, P. W., (1948). *The Nature of Physical Theory*, (trad. al español por De C. E. Prélat, La naturaleza de la teoría física, Ibero-Americana, Buenos Aires).
- Callender, C. (2011) "Thermodynamic Asymmetry in Time", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2011 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = [<http://plato.stanford.edu/archives/fall2011/entries/time-thermo/>](http://plato.stanford.edu/archives/fall2011/entries/time-thermo/).
- Carnap, R. (1995). *An Introduction to the Philosophy of Science*, Dover Publications, Toronto (Texto original, 1891, *Philosophical foundation of Physics*).

- Casati, R.; Varzi, A. (1994). *Holes and Other Superficialities*. MIT Press - Bradford Books, Cambridge.
- Coffa, J. A. (2005). *La tradición Semántica. De Kant a Carnap. Vol.2: Viena, 1925-1935*, Biblioteca de Signos.
- Copleston, F. (2011). *Historia de la filosofía. Volumen I: De la Grecia Antigua al mundo cristiano, Volume 1*. Traducción de Juan Manuel García de la Mora y Juan Carlos García Borrón. Editorial Ariel.
- Cramer, J. (1988). "An Overview of the Transactional Interpretation of Quantum Mechanics", en *International Journal of Theoretical Physics* 27: 227-236.
- Cramer, J. (1986) "The Transactional Interpretation of Quantum Mechanics", en *Reviews of Modern Physics* 58: 647-687.
- Cramer, J. (1998). "An Overview of the Transactional Interpretation of Quantum Mechanics", en *International Journal of Theoretical Physics* 27: 227-236.
- Currie, M. (2007). *About time*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- d'Espagnant, B. (1979). "The Quantum Theory and Reality", *Scientific American* 241: 128-140.
- Davies, P. C. W.; Brown, J. R. (eds.), (1986): *The Ghost in the Atom*, Cambridge University Press.
- Davis, H.; Pérusse, R. (1988). Numerical competence in animals: Definitional issues, current evidencem and the additive-factors method. *Behavioral and Brain Sciences*, 11: 561-615.
- Descartes, R. (1596-1650) *El Discurso del Método*. Alianza Editorial. Traducción de Risieri Frondizi (2011).

- Dowe, P. (1997). "A Defense of Backward-in-Time Causation Models in Quantum Mechanics" en *Synthese* 112: 233-246.
- Dowe, P. (2000). *Physical Causation*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Dowe, P. (2005). "Retrocausación" en *Enrahonar*, 37: 101-111.
- Dummett, M. (1954) "Can an Effect Precede its Cause", en *Proceedings of the Aristotelian Society*, 28 (Supplement): 27-44.
- Dyke, H.; Bardon, A (editores) (2013), *A Companion to the Philosophy of Time*. Wiley-Blackwell.
- Evans-Pritchard, E. E. (1939) *Nuer Time-Reckoning Africa: Journal of the International African Institute*, Vol. 12, No. 2 (Apr., 1939), pp. 189-216 Published by: Edinburgh University Press
- Earman, J. (1972). 'Implications of Causal Propagation Outside the Null-Cone', *Australasian Journal of Philosophy* 50.
- Earman, John (1995). *Bangs, Crunches, Whimpers, and Shrieks: Singularities and Acausalities in Relativistic Spacetimes*. Oxford University Press. ISBN 0-19-509591-X.
- Echeverria, F.; Klinkhammer, G.; Thorne, K. (1991), "Billiard balls in wormhole spacetimes with closed timelike curves: Classical theory" en *Physical Review D* 44 (4): 1077.
- Eddington, A.S. (1928) *The Nature of the Physical World*. Macmillan.
- Einstein, A.; Podolsky, B.; Rosen, N. (1935). "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?" en *Phys. Rev.* 47, 777-780.
- Einstein, Albert (1907). "On the relativity principle and the conclusions drawn from it". *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik* 4: 411-462. Retrieved 2 August 2015.

- Einstein, Albert (1990). "On the relativity principle and the conclusions drawn from it". In Stachel, John; Cassidy, David C; Renn, Jürgen; et al. *The Collected Papers of Albert Einstein, Volume 2: The Swiss Years: Writings, 1900-1909*. Princeton: Princeton University Press. p. 252.
- Ellis, B. (1966). *Basic Concepts of Measurement*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Falk, D. (2008). *In Search of Time: The History, Physics, and Philosophy of Time*. Thomas Dune Books.
- Faye, J. (2010) "Backward Causation", en *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (editor), <http://plato.stanford.edu/archives/spr2010/entries/causation-backwards/>.
- Feinberg, G. (1967). "Possibility of Faster-Than-Light Particles". *Physical Review* 159 (5): 1089–1105.
- Ferraro, R. (2005). *El espacio tiempo de Einstein*, Ediciones Cooperativas, Buenos Aires.
- Feynman, Richard (1949). "The Theory of Positrons". *Physical Review* 76 (76): 749.
- Flichman, E. H. (1999). "Elucidación y análisis: intuición y antropomorfismo en las ciencias naturales", *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia* 1 (1), 85-102.
- Friedman, J. et al. (1990). "Cauchy problem in spacetimes with closed timelike lines," en *Physical Review D*, 42: 1915-1930.
- Friedman, J.; Morris, M. S.; Novikov, I. D.; Echeverria, F.; Klinkhammer, G.; Thorne, K.; Yurtsever, U. (1990) Cauchy problem in spacetimes with closed timelike curves. *Physical Review D*, 42 (6). pp. 1915-1930.
- Frisch, M. (2013) "Time and Causation" en *A Companion to the Philosophy of Time*, Dyke, H. y Bardon, A (editores). Wiley-Blackwell.
- Fuentes, M. y Miguel, H. (2013). "Self generated dynamics landscape: the message-receiver interaction

case” *Physica A*, 392, 10, pp. 2492-2497.

Fuentes, M. A.; Lavin, C.; Contreras-Huerta, L. S.; Miguel, H. Rosales Jubal, E. (2014). “Stochastic model predicts evolving preferences in the Iowa gambling task” *Frontiers in Computational Neuroscience*. Volume 5, Article 167, pp 1-10.

Glymour, C.; Eberhardt, F. (2016) “Hans Reichenbach”, en *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2016 Edition), Edward Edward N. Zalta (ed.), URL = [<https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/reichenbach/>](https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/reichenbach/).

Gödel, K. (1949). “An example of a new type of cosmological solution of Einstein's field equations of gravitation”. *Rev. Mod. Phys.* 21 (3): 447–450.

Hall, N. (2004). “Two Concepts of Causation” en Collins, J., Hall, N., Paul, L. A. (eds.), pp 225 276.

Halliwell, J. J.; Pérez-Mercader, J.; Zurek, W. H. (compiladores) (1996). *Physical Origins of Time Asymmetry* Cambridge University Press.

Hausman, D. M. (1998). *Causal Asymmetries*, Cambridge University Press, Cambridge.

Hawking, S. (1994). “The No Boundary Condition and the Arrow of Time” en Halliwell, J. J. ; Pérez-Mercader, J.; Zurek, W. H. (compiladores) *Physical Origins of Time Asymmetry* Cambridge University Press, Mar 21, 1996

Healey, R. (2009). “Causation in Quantum Mechanic”, en Beebe, H., Hitchcock, C. y Menzies, P. *The Oxford Handbook of Causation*. Oxford University Press.

Heisenberg, W. (1930). *The Physical Principles of the Quantum Theory*, Dover Publications Inc..

Hempel, C. (1952). *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, University of Chicago Press, Chicago.

Hichcock, C. (2003) "Of Humean Bondage" *Brit. J. Phil. Sci.* 5, pp 1-25.

Hobson, J. A. (1988) *The Dreaming Brain*. Basic Books, New York.

Horwich, P. (1995) "Closed causal chains" en *Time's Arrows Today*, Saviatt, S. (editor). Cambridge University Press.

Horwich, P. (1987). "Lewis Programme" *Assymetries in Time: Problems in the Philosophy of Science*, 167-76. MIT Press. Reimpreso en Sosa, E. and Tooley, M. (eds.) *Causation*. Oxford University Press. Avon, 1993.

Hume, D. (1740). *A Treatise of Human Nature* (edición de 1967). Oxford University Press, Oxford. *International Journal of Theoretical Physics* 27: 227-236.

Hume, D. (1978). *A Treatise of Human Nature*. Ed. P. H. Nidditch, 2nd edition. Oxford Clarendon Press, 1978. Versión al español traducida por Félix Duque, Tecnos (1998).

Jammer, M. (1974). *The Philosophy of Quantum Mechanics. The Interpretation of Quantum Mechanics in Historical Perspective*, John Wiley, New York (1974).

Jönsson, C. (1974). "Electron diffraction at multiple slits". *American Journal of Physics* 42: 4-11.

Kaufmann, E. L.; Lord, T.; Reese, W. y Volkman, J. (1949). The discrimination of visual number. *American Journal of Psychology*, 62:498-525.

Kant, I. (1998) *La crítica de la razón pura*. Traducción de Pedro Ribas. Editorial Alfaguara, Madrid.

Kerr, N. H. (1983). The role of vision in "visual imagery" experiments: evidence from the congenitally blind. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112 (2), pp. 265 – 277.

Kirk, G. S.; Raven J. E.; Schofield, M. (2008) *Los filósofos presocráticos*. Traducción de Jesús García Fernández. Editorial Gredos.

- Kosso, P. (1998). *Appearance and Reality*, Oxford University Press, New York.
- Laercio, Diógenes (2007). *Vidas y opiniones de los filósofos ilustres*. Traducción de Carlos García Gual. Alianza Editorial, Madrid.
- Lakoff, G. Johnson, M. (1999). *Philosophy in the Flesh*. Basic Books.
- Lakoff, G. Johnson, M. (2009). *Metáforas de la vida cotidiana*. Cátedra.
- Lakoff, G., Nuñez, R. (2000). *Where the mathematics come from?* Basic Books.
- Le Poidevin, R., MacBeath, M. (Editores) (1993). *The Philosophy of Time*, New York, Oxford University Press.
- Lewis, D. (1973a). *Counterfactuals*. Basil Blackwell. Great Britain.
- Lewis, D. (1973b). "Causation" *Journal of Philosophy*, 70, 557-67. Reeditado, incluido en Sosa, E. (Ed.), *Causation and Conditionals*, Londres, Oxford University Press, 1975, pp. 180-191. Reeditado nuevamente y ampliado con "Postscripts", incluido en Lewis, D., *Philosophical Papers*, Vol. II, Nueva York/Oxford, Oxford University Press, 1986, pp. 159-213.
- Lewis, D. (1976) "The Paradoxes of Time Travel", *American Philosophical Quarterly*, 13: 145–152.
- Lewis, D. (1979). "Counterfactual Dependence and Time's Arrow" *Noûs* 13, 455-476. Reeditado y ampliado con 'Postscripts', incluido en Lewis, D., *Philosophical Papers*, Vol. II, Nueva York/Oxford, Oxford University Press, 1986, pp. 32-66.
- Lewis, D. (1986a). "Postscripts to Causation" *Philosophical Papers*. Vol.II. New York/Oxford, Oxford University Press, pp: 172-213.
- Lewis, D. (1986b). "Events" *Philosophical Papers*, Vol.II. New York/Oxford, Oxford University Press,

pp: 241-269.

Madulin, T. 2012. *Philosophy of Physics: Space and Time*. Princeton University Press.

Malotki, E. (1983). *Hopi Time: A Linguistic Analysis of the Temporal Concepts in the Hopi Language*. Trends in Linguistics. Studies and Monographs. 20. Berlin, New York, Amsterdam: Mouton Publishers.

Mandler, G.; Shebo, B. J. (1982). Subitizing: An analysis of its component processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111 (1): 1-22.

Markosian, N. (2016). "Time", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2016 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2016/entries/time/>>.

McLure, R. (2005). *The Philosophy of Time: Time Before Times*, Routledge, New York.

McTaggart, J. E. (1908). "The Unreality of Time", en *Mind*, New Series, Vol. 17, n° 68 (Oct., 1908), pp. 457-474. Oxford University Press en representación de Mind Association.

Merli, P G; Missiroli, G F; Pozzi, G (1976). "On the statistical aspect of electron interference phenomena". *American Journal of Physics* 44: 306–307.

Miguel, H. (2006). "Objetos por omisión" en Bobenrieth A. (ed.) *Ciencias Formales y Filosofía*. Selección de trabajos presentados en las VII Jornadas Rolando Chuaqui K. EDEVAL - Universidad de Valparaíso, pp. 157-170.

Miguel, H. (2007). *Teorías contrafácticas de la causación y teorías físicas de la causación*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata. No publicada.

Miguel, H.; Núñez Pradenas, R. (2016). "Cambiando el pasado: ventajas de la retrocausación", en *Revista de Humanidades de Valparaíso* Núm. 7 , año 4, 1er semestre, N° 7. pp. 7 – 22.

- Miguel, H., Paruelo, J. (1998). "Causación, Producción y Función" *Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía*. XXIX, No 87. Dic. 1997: 53-90. México.
- Misner, C. W.; Wheeler, J. A. (1957). "Classical Physics as Geometry". *Annals of Physics* 2 (6): 525–603.
- Morris, M. ; Thorne, K. ; Yurtsever, U. (1988). "Wormholes, Time Machines, and the Weak Energy Condition". *Physical Review Letters* 61(13): 1446–1449.
- Mumford, L. (1934). *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza, Traducción de 1998.
- Narayanan, S. (1977). *Embodiment in Language Understanding: Sensory-motor Representations for Metaphoric Reasoning about Event Descriptions*. Tesis doctoral no publicada. University of California at Berkeley. Cita a través de Lakoff, G. y Núñez, R. (2000).
- Núñez, R.; Sweetser, E. (2006). *With the Future Behind Them : Convergent Evidence From Aymara Language and Gesture in the Crosslinguistic Comparison of Spatial Construals of Time*. *Cognitive Science*, 30(3), 401-450.
- Núñez Pradenas, R. (2012). "Consideraciones epistemológicas sobre la retrocausación" en Velasco, M. y Venturelli, N. (Eds.) *Epistemología e Historia de la ciencia. Selección de trabajos de las XXII Jornadas de Epistemología e Historia de la ciencia, Volumen 18*. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, pp. 412 – 429.
- Núñez Pradenas, R. (2013). "Tiempo corporeizado y la flecha temporal", en *Cuadernos de Filosofía de la Universidad de Concepción*, n° 30-31, 2012-2013, pp. 38 – 53.
- Núñez Pradenas R. (2014). "Cognición corporeizada, tipos de causación y mecánica cuántica" en Paruelo, J. Y Miguel, H. (Eds.) *Explicación, Causación y Contrafácticos*. Editorial Prometeo, Buenos Aires, Argentina, pp. 61 – 78.
- Núñez Pradenas R. (2015). "Cadenas Causales Cerradas en mecánica cuántica", en Melogno, P. y

Pelegri, D. (compiladores) Realismo, Verdad y Significado. Grupo Editorial Índice. Montevideo, Uruguay, pp. 115 – 130.

Novikov, I. (1989), “The analysis of the Operation of a Time Machine” en Soviet Journal of Experimental and Theoretical Physics, 68.

Novikov, I. (1989-1994), “Time machine and self-consistent evolution in problems with self-interaction” en Physical review D 45.

Oaklander, L.N. (2004) The Ontology of Time, Prometheus Books.

Peebles, P. J. E. (1993). Principles of Physical Cosmology. Princeton University Press, Princeton.

Penrose, R, Isham, C. J. (Editores) (1986). Quantum Concepts in Space and Time, Oxford University Press, New York.

Penrose, R. (2006). El camino a la realidad. Debate.

Price, H. (1996). Time’s Arrow and Archimedes’s Point. Oxford University Press.

Price, H. (2009). “The Time-asymetry of Causation” en Beebee, H., Hitchcock, C., Menzies, P (compiladores), The Oxford Handbook of Causation. Oxford University Press; Reprint edition, 2012. Páginas 414 – 443.

Price, H. (2010) “Time-symmetry without retrocausality: how the quantum can withhold the solace” en Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, Vol. 43, pág. 75-83.

Prior, A. (1968). Papers on Time and Tense. Clarendon Press, Oxford.

Rizzolatti, G.; Fadiga, L.; Gallese, V.; Fogassi L. (1996) Premotor cortex and the recognition of motor actions. Cognitive Brain Research 3: pp. 131 - 141.

Reichenbach, H. (1999). *The Direction of Time*. Dover publications.

Reichenbach, H. (1927). *The Direction of Time*, Dover Publications, New York, 1999 (1971, 1956) Original, 1927.

Reichenbach, H. (1957). *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, (tr. al inglés M.Reichenbach y J. Freund, *The Philosophy of Space & Time*, Dover Publications, New York).

Rickles, D. (2008). *Symmetry, Structure and Spacetime*, Elsevier, Amsterdam.

Salmon, W. (1980). *Space, Time and Motion: A Philosophical Introduction*, 2nd ed. Minneapolis: University of Minnesota Press.

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

Sattig, T. (2006). *The Language and Reality of Time*, Oxford University Press, New York.

Savitt, S. (2006). "Presentism and Eternalism in Perspective," en *The Ontology of Spacetime*, Vol 1, Dieks, D. (ed.), pág. 111–127. Amsterdam, Holanda y Oxford, Reino Unido; Elsevier.

Savitt, S. (2014) "Being and Becoming in Modern Physics", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2014 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/sum2014/entries/spacetime-bebecome/>.

Shoemaker, S. (1969). "Time Without Change," en *Journal of Philosophy* 66, pp. 363-381.

Sklar, L. (1977). *Space, Time and Spacetime*, University of California Press, California.

Sklar, L. (1992). *Philosophy of Physics*, Westview Press, (trad. al español por Rosa Álvarez Ulloa, *Filosofía de la física*, Madrid, Alianza Editorial, 1994).

- Skyrms, B. (1984) *Pragmatics and Empiricism*. Yale University Press.
- Stockum, W. J. van (1937). "The gravitational field of a distribution of particles rotating around an axis of symmetry.". *Proc. Roy. Soc. Edinburgh* 57: 135.
- Sutherland, R. (1983). "Bell's Theorem and Backwards-in-Time Causality", en *International Journal of Theoretical Physics* 22: 377-384.
- Thomson, W. (Lord Kelvin) (1874/1875). The kinetic theory of the dissipation of energy, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh* 8: 325–334.
- Thorne, K. (1994). *Black holes and time warps: Einstein's outrageous legacy*. W. W. Norton pp. 494–496.
- Tipler, F. (1974). "Rotating Cylinders and the Possibility of Global Causality Violation". *Physical Review D* 9 (8): 2203–2206.
- Tolman, R. C. (1917). *The theory of the Relativity of Motion*. University of California Press.
- van Fraassen, B. C. (1992). *An Introduction to the Philosophy of Time and Space*, Columbia University Press.
- von Leyden, W. (1964) Time, Number and Eternity in Plato and Aristotle. *The Philosophical Quarterly*, Volume 14, Issue 54, 1 Enero, pp. 35–52.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants, en *Nature* 358: 749-750.
- Whorf, B. L. (1956). "An American Indian model of the universe". en Carroll, J. B. *Language, Thought, and Reality: Selected Writings of Benjamin Lee Whorf*. Cambridge, Mass.: Technology Press of Massachusetts Institute of Technology. pp. 57–64.
- Zeh, H. D. (1992). *The Physical Basis of The Direction of Time*, Springer-Verlag, Heidelberg.

Zeh, H.D. (2012) “Open Questions Regarding the Arrows of Time” en Mersini-Houghton, L., Vaas, R. (Eds.) *The Arrows of Time. A Debate in Cosmology*. Springer; 2012, pág. 205 – 217.