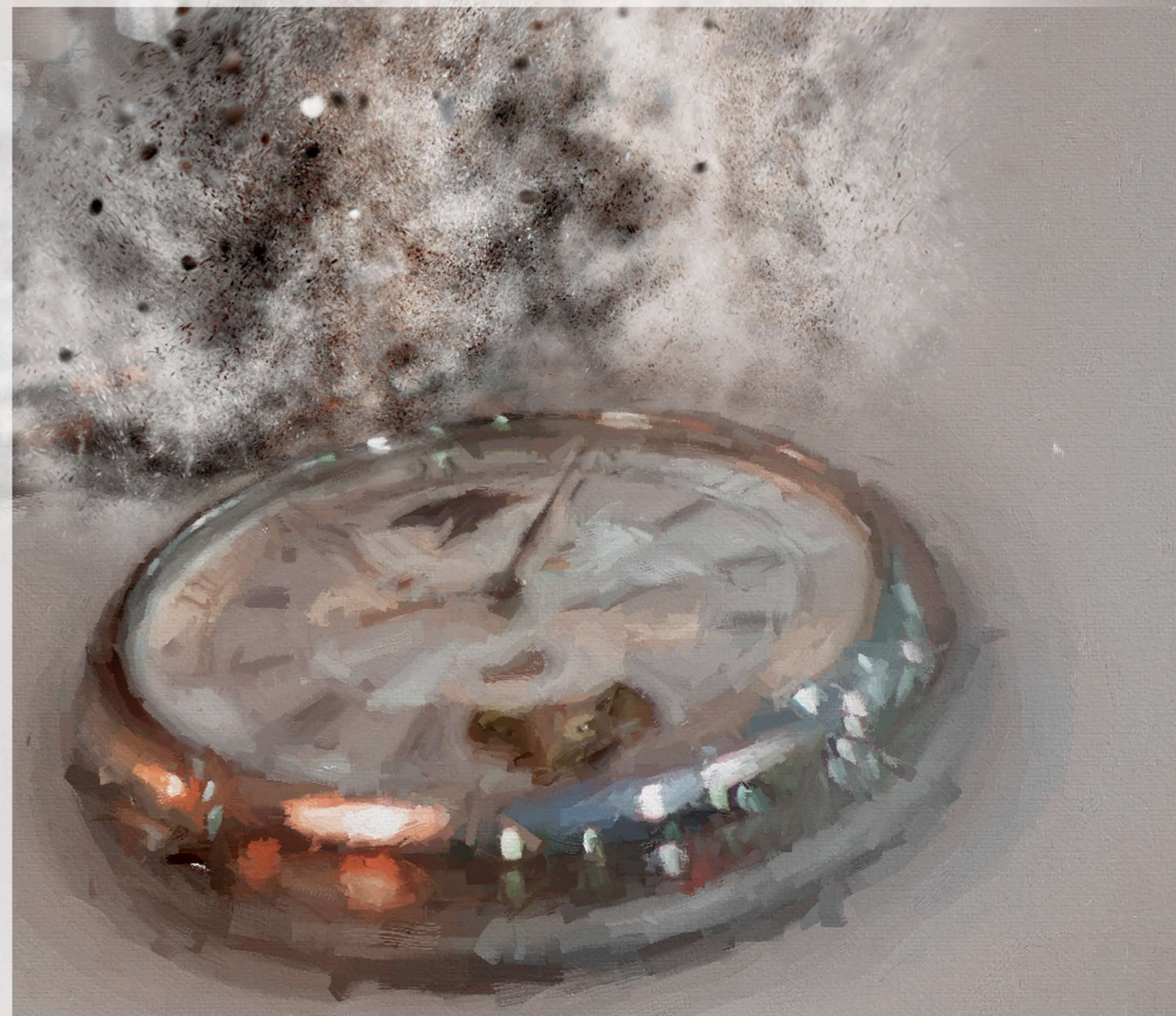




VNiVERSiDAD
D SALAMANCA
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

**TIEMPO Y CAMBIO:
UNA INTERPRETACIÓN RELACIONAL**
MIKEL HENDA GOMEZ DE SEGURA ABRANTES



TESIS DOCTORAL

TIEMPO Y CAMBIO: UNA INTERPRETACIÓN RELACIONAL
MIKEL HENDA GOMEZ DE SEGURA ABRANTES



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Facultad de Filosofía

Departamento de Filosofía, Lógica y Estética

Área de Lógica y Filosofía de la Ciencia



VNiVERSiDAD
D SALAMANCA

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE

TESIS DOCTORAL

Tiempo y Cambio: una interpretación relacional

Autor: Mikel Henda Gomez de Segura Abrantes

Director: Sebastián Álvarez Toledo

Codirector: Jon Pérez Laraudogoitia

Tutora: Obdulia Torres González

Salamanca, 2020

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Facultad de Filosofía

Departamento de Filosofía, Lógica y Estética

Área de Lógica y Filosofía de la Ciencia



VNiVERSiDAD
D SALAMANCA

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE

TESIS DOCTORAL

Tiempo y Cambio: una interpretación relacional

Autor: Mikel Henda Gomez de Segura Abrantes

Director: Sebastián Álvarez Toledo

Codirector: Jon Pérez Laraudogoitia

Tutora: Obdulia Torres González

Vº Bº

Salamanca, 2020

A Kianda, Henda y Vanessa

TIEMPO Y CAMBIO: UNA INTERPRETACIÓN RELACIONAL

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	9
INTRODUCCIÓN.....	11
SECCIÓN PRIMERA: FUNDAMENTO METAFÍSICO DEL TIEMPO.	21
1.1. IMÁGENES DEL TIEMPO Y RELOJES.	23
1.1.1. EL ENTORNO NATURAL Y LA CONCEPCIÓN CÍCLICA DEL TIEMPO.	24
1.1.2. LA ESCATOLOGÍA Y LA CONCEPCIÓN LINEAL DEL TIEMPO.	29
1.1.3. LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA: EL TIEMPO SE INDEPENDIZA DE LOS CAMBIOS.....	32
1.1.4. LA CONCEPCIÓN HISTÓRICA DEL TIEMPO Y DE LA NATURALEZA.	35
1.1.5. LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL: LA CONCEPCIÓN REGULAR DEL TIEMPO.	38
1.2. TEORÍA RELACIONAL Y EL CAMBIO COMO FUNDAMENTO.	42
1.2.1. NEWTON: LA CONCEPCIÓN SUSTANTIVA DEL ESPACIO Y EL TIEMPO.	42
1.2.2. LA CONCEPCIÓN RELACIONAL DEL ESPACIO Y EL TIEMPO.	50
1.2.3. LA CRÍTICA LEIBNIZIANA.	52
1.2.4. RESPUESTAS AL EXPERIMENTO DEL CUBO.....	57
1.2.5. LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD Y LA CONCEPCIÓN RELACIONAL.	71
1.2.6. PERSPECTIVAS ACTUALES.	83
1.3. TEORÍA CAUSAL DEL TIEMPO.	103
1.3.1. LA REDUCCIÓN DE LAS RELACIONES TEMPORALES A RELACIONES CAUSALES.	104
1.3.2. LA TEORÍA CAUSAL DEL TIEMPO Y LA RELATIVIDAD.	106
1.3.3. LA NOCIÓN DE CAUSALIDAD Y EL PROBLEMA DE LA CIRCULARIDAD.	111
1.3.4. REFORMULACIONES ESTADÍSTICAS DE LA CAUSALIDAD.....	115
1.3.5. LA TEORÍA CAUSAL DEL TIEMPO Y LA REVERSIBILIDAD.	118
1.4. IRREVERSIBILIDAD Y FLECHA DEL TIEMPO.	121
1.4.1. LA TERMODINÁMICA.....	122
1.4.2. FUNDAMENTACIÓN ESTADÍSTICA DE LA TERMODINÁMICA.	126
1.4.3. LA FLECHA DEL TIEMPO Y LA TERMODINÁMICA.	131
1.4.4. EL PROBLEMA DE LA RECURRENCIA Y LA SIMETRÍA.	134
1.4.5. LA SOLUCIÓN COSMOLÓGICA.....	142
1.5. ROMPIENDO EL CÍRCULO: CAMBIO-TIEMPO Y VICEVERSA.	157

1.5.1. LA MEDIDA DEL CAMBIO.	157
1.5.2. EL CAMBIO.....	166
1.5.3. PARADOJAS DE ZENÓN.	178
1.5.4. ¿A QUÉ VELOCIDAD PASA EL TIEMPO?.....	194
1.5.5. CAMBIO VERSUS TIEMPO.	207

SECCIÓN SEGUNDA: LA ELIMINACIÓN DEL DINAMISMO 227

INTRODUCCIÓN..... 229

2.1. CRÍTICA DEL DINAMISMO (NEGACIÓN DEL CAMBIO). 231

2.1.1. EL IDEALISMO Y LA CRÍTICA DEL CAMBIO. 231

2.1.2. McTAGGART Y LA CRÍTICA DEL TIEMPO. 244

2.1.3. DEFENSORES DE LA SERIE B O TIEMPO ESTÁTICO. 254

2.1.4. DETRACTORES, DESPLAZAMIENTO HACIA ARGUMENTOS LINGÜÍSTICOS. 265

2.1.5. UNIVERSO BLOQUE, BLOQUE CRECIENTE Y PRESENTISMO: LA RELEVANCIA DE LA NOCIÓN DE EXISTENCIA. 272

2.1.6. EL PROBLEMA DE LOS *TRUTHMAKERS*. 291

2.2. CRÍTICA DEL DINAMISMO DESDE LA FÍSICA..... 301

2.2.1. ESPACIALIZACIÓN DEL TIEMPO 4D. 301

2.2.2. RELATIVIDAD DE LA SIMULTANEIDAD..... 312

2.2.3. EL UNIVERSO BLOQUE Y EL HIPERREALISMO CIENTÍFICO. 324

CONCLUSIONES 338

BIBLIOGRAFÍA 347

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis es el resultado de muchos años de trabajo y no pocos dolores de cabeza. Para hacerla posible ha sido imprescindible la ayuda de muchas personas e instituciones con las que he tenido la suerte de contar, por lo que no puedo más que expresar mi agradecimiento a todas ellas.

Quiero comenzar por mencionar y expresar mi gratitud al *Programa de Formación de Investigadores del DEUI del Gobierno Vasco*, sin el que todo esto habría sido imposible. Este programa me ha permitido dedicar cuatro años exclusivamente a la investigación, así como realizar una estancia en EEUU, donde tuve la suerte de ser invitado por el profesor Craig Callender en la University of California San Diego. Allí tuve la oportunidad de integrarme por un tiempo en el departamento de filosofía y asistir a sus actividades, en las que pude escuchar, conversar y conocer a filósofos como el propio Callender, Philip Kitcher o Nancy Cartwright. Asimismo, deseo mencionar a Roberto Fumagalli, también invitado en el departamento, con quien pude entablar una buena amistad.

Gracias a la beca del Gobierno Vasco, pude integrarme durante cuatro años en el Departamento de Filosofía de la Universidad de Salamanca. Este fue un tiempo en el que me sentí arropado y acogido por todas las personas pertenecientes a la facultad, pero especialmente por los/as profesores/as del área de Lógica y Filosofía de la Ciencia. Por ello, quiero hacer una mención especial a Obdulía Torres, Mara Manzano, Ana Cuevas y Andrei Moldovan.

Guardo un agradecimiento especial para mi director de tesis, Sebastián Álvarez Toledo, quien desde el momento en el que le planteé el proyecto de tesis se mostró dispuesto a dirigirlo. Durante todo este tiempo ha supuesto un modelo de profesionalidad, confianza, apoyo y templanza en los momentos complicados.

También quiero expresar mi gratitud a mi codirector, Jon Pérez Laraudogoitia, por sus valiosos comentarios, su disponibilidad y sus correcciones técnicas con las que esta tesis ha ganado en rigor.

Grande es la deuda contraída con mis compañeros/as del grupo de investigación de la Universidad de La Laguna LEMA, por hacerme participe del Proyecto de Investigación *Puntos de vista y estructuras temporales*. Deseo hacer una mención destacada a Margarita Vázquez y a Manuel Liz.

Hay otras personas que han contribuido directamente en la realización de esta tesis corrigiendo los errores de redacción que contenía. Por ello, agradezco a mi hermana Kidi Nerea Gomez de Segura, a mi tío José Ignacio Gomez de Segura y a Carlos Javier Ferrero, amigo y compañero.

Finalmente, deseo reconocer el gran apoyo que he recibido en este camino por parte de mis padres Filomena Abrantes y Jesús Gomez de Segura. No obstante, la mayor deuda y por tanto gratitud se la debo a mi pareja Vanessa Rosado, quien diligentemente ha corregido y mejorado la redacción, a la que he hurtado muchas horas para poder trabajar en este proyecto y quien me ha apoyado incondicionalmente en estos largos años de tesis (y crianza), a pesar de los sacrificios.

INTRODUCCIÓN

Todos los seres humanos compartimos la experiencia del tiempo, es algo esencial que está presente en todos los ámbitos de la vida humana. Nuestra percepción está claramente marcada por la temporalidad, los sucesos que percibimos se nos aparecen ordenadamente y nuestro cerebro los almacena en la memoria. Además, gracias a la ordenación temporal de la que es capaz nuestro cerebro, no confundimos nuestras percepciones pasadas con las presentes; menos aún con nuestras perspectivas sobre sucesos que esperamos o creemos que sucederán. Esta temporalidad también está reflejada en nuestro lenguaje; en este hay tiempos verbales que ordenan el relato y evitan incoherencias o contradicciones en el discurso. Gracias a la naturaleza temporal del lenguaje podemos afirmar que antes P y ahora $\neg P$, pero, sin ella, caeríamos en una contradicción evidente al afirmar que P y $\neg P$.

No obstante, el tiempo no parece un fenómeno interno del ser humano, al menos, no exclusivamente. Cuando observamos el mundo, constatamos su constante cambio y advertimos que unas cosas dan origen a otras, o más bien, unas cosas se transforman en otras. Observamos que ciertos objetos o sistemas, se componen a partir de la descomposición y la combinación de otros objetos o sistemas. Además, este componente físico se nos presenta como una característica esencial del mundo que no es posible pasar por alto. No me estoy refiriendo a un fenómeno o realidad abstracta, sino a una característica fundamental que determina el éxito o el fracaso de los organismos vivos del planeta. Si no fuésemos capaces de adaptarnos a los cambios que se dan en el mundo difícilmente podríamos sobrevivir. Este es un hecho que podemos observar fácilmente en la naturaleza, incluso en los seres vivos que carecen de sistema nervioso central. El ciclo vital de las plantas está perfectamente sincronizado con los ciclos estacionales del planeta, así como con los ciclos de noche y día. Lo mismo ocurre con los animales, estos establecen una relación más estrecha aún con el tiempo: aprenden de la experiencia (pasado), son capaces de idear planes (futuro) para satisfacer sus necesidades (presente) y reaccionan ante sucesos imprevistos de

su entorno, como un peligro inminente. El animal humano, concretamente, ha llegado a tal nivel en su relación con el tiempo, que ha dividido toda su existencia temporalmente. Fracciona la historia del mundo en eras, la de la humanidad en edades, planifica la duración de los estudios, la entrada y salida del mercado laboral, sincroniza las relaciones personales, el trabajo humano y el de las máquinas... En resumidas cuentas, nuestra realidad está impregnada de temporalidad.

Sin embargo, a pesar de que a lo largo de la historia muchos pensadores han dedicado su atención a dilucidar qué es eso a lo que llamamos tiempo y qué relación tiene con el cambio, no ha sido posible llegar a un punto de acuerdo. Desde el inicio del debate quedaron retratadas, a grandes rasgos, las dos grandes ramas a través de las cuales se va a ir articulando uno de los temas más recurrentes de la filosofía del tiempo: la confrontación entre aquellos que defienden la naturaleza estática de la realidad (representada por Parménides de Elea) y los que afirman que la realidad es esencialmente dinámica, cambiante (representada por Heráclito de Éfeso). A este tema le siguieron muchos otros directamente relacionados, como la conexión entre el cambio y el tiempo, la irrealidad del cambio y la ilusión del fenómeno temporal, o la idea que introdujo Kant acerca de que el origen del tiempo está en nosotros, en cuanto condición a priori de nuestra experiencia, y no en el mundo.

A su vez, el desarrollo de la ciencia moderna (sobre todo a partir de Newton), planteó nuevos problemas que llamaron la atención de los filósofos. Newton en su mecánica postulaba la existencia de un espacio y un tiempo absolutos y sustantivos. Pero estos son elementos teóricos inaccesibles a la experiencia, por lo que se inició un importante debate acerca de la interpretación de estos conceptos. Los defensores de la concepción relacional argumentaban que el espacio y el tiempo deben ser interpretados como el resultado de las relaciones e interacciones de los elementos que constituyen el universo; mientras que los defensores de la teoría sustantiva afirmaban que tanto el espacio como el tiempo eran elementos genuinos de la realidad.

Asimismo, el carácter simétrico respecto de la inversión temporal de las leyes de la mecánica clásica resultaba llamativo. En nuestra experiencia observamos

que la gran mayoría de los fenómenos son irreversibles; una vez que mezclamos la leche con el café, no podemos separarlos mecánicamente revirtiendo el movimiento. Del mismo modo, cuando utilizamos cualquier tipo de mecanismo, siempre se dan pérdidas energéticas que no se pueden recuperar. Este hecho nos resulta especialmente familiar a los seres vivos ya que somos sistemas irreversibles. Una vez perdida la juventud, esta no se puede volver a recuperar. Pero si nuestro mundo muestra este carácter irreversible allá donde miremos, ¿por qué las mejores teorías físicas que poseemos no lo reflejan? ¿cuál es la explicación de esta flecha temporal? Como veremos, algunos filósofos creyeron encontrar la respuesta en la Teoría Causal del Tiempo, mientras que otros creyeron más prometedora la explicación que aportaba la termodinámica.

A su vez, la aparición y desarrollo de la teoría de la relatividad trajo más incertidumbres y más ámbitos para el debate filosófico. Algunos de estos ámbitos no eran nuevos, como el debate sobre la necesidad de interpretar el espacio-tiempo en términos relacionales o sustantivos. No obstante, la teoría introdujo algunos elementos nuevos al debate, como la relatividad del orden temporal según el marco de referencia. Dicho de otro modo, dos observadores en movimiento relativo no estarán de acuerdo en el plano de simultaneidad, para un observador un evento puede ser percibido como presente, mientras que para el otro este evento puede ser parte del pasado. Pero si existe una diferencia ontológica entre eventos pasados, presentes y futuros, ¿cómo podría la velocidad de un observador alterar el orden temporal de ciertos eventos? Algunos autores consideraron que la teoría apoyaba la concepción eleática del mundo, o lo que se ha denominado “universo bloque”. Según esta teoría, no existe diferencia ontológica entre eventos pasados, presentes o futuros, estos no son más que una ilusión causada por nuestro punto de vista derivado de nuestra posición en el espacio-tiempo. Esta visión ganó más fuerza con la unión del espacio-tiempo que realizó Minkowski en su reconceptualización de la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein. En ella, los sistemas son descritos tetradimensionalmente, como si toda la historia del sistema estuviera determinada y a través de la teoría tuviésemos la posibilidad de acceder a

secciones 3D del todo 4D. Esta es precisamente la función del concepto de línea del mundo, ofrecer una representaciones 4D de los sistemas.

Hay muchas otras cuestiones cuya resolución, al igual que las mencionadas, dependen en gran medida del enfoque filosófico que se adopte para responder a los retos que suponen. Un empirista no analizará la cuestión del mismo modo que un idealista, o un realista ingenuo que una persona que opte por un enfoque meramente pragmático de las teorías científicas. Por ello, no es de extrañar que la teoría del universo bloque haya disfrutado de cierta hegemonía en el debate. En primer lugar, por la tendencia que algunos metafísicos tienen a considerar que nuestro lenguaje, o la lógica de este, guarda una relación estrecha con la realidad, lo que haría que una contradicción en nuestro lenguaje indicase inequívocamente una imposibilidad de cierta característica del mundo. Por otro lado, desde que el enfoque del empirismo lógico fue sucumbiendo a sus dificultades, su interpretación instrumentalista de las teorías científicas también fue perdiendo popularidad dejando espacio a interpretaciones realistas de las teorías y sus términos teóricos. Así, el debate sobre la existencia del espacio-tiempo fue inclinándose hacia el lado de los realistas, favoreciendo a su vez la concepción metafísica del universo bloque.

Mi propósito en la tesis también se comprende por la influencia y la coherencia con cierta tradición filosófica, que podríamos englobar dentro de una forma de empirismo no dogmático. Entiendo que las conclusiones acerca de la naturaleza del mundo únicamente pueden justificarse a través de la experiencia, no creo que haya base para creer en esa estrecha relación o isomorfismo entre el lenguaje humano y el mundo; lo cual no significa que cada una de las creencias que tengamos deba estar justificada empíricamente, ya que el hecho de pertenecer a un sistema conceptual o teórico bien establecido empíricamente también resulta un elemento justificativo relevante.

Por otro lado, mantengo ciertas características del realismo. Reconozco la independencia del mundo respecto del sujeto cognoscente. También, considero que las teorías científicas son herramientas que usa el ser humano

para poder comprender, predecir y manipular la realidad, pero que en ocasiones nos resulta sumamente difícil establecer una diferenciación clara entre la herramienta y la realidad que esta nos ayuda a aprehender. Además, soy consciente de la simplificación que suponen las teorías científicas, de su carga ideal, así como sus características pragmáticas (en ocasiones su objetivo no es la representación o la explicación de la realidad). Por ello, a pesar de que las teorías nos informan acerca del mundo, la realidad en sí es algo que se nos escapa por la propia naturaleza de nuestro modo de conocer, por lo que no creo posible que la ciencia sea capaz en algún momento de alcanzar un conocimiento completo. Por último, creo que la función de la ciencia es la de explicar nuestra experiencia del mundo de un modo crítico, no sustituirla o negarla por el hecho de que su encaje en una teoría determinada sea problemático. Esto denota una actitud muy poco útil para el avance en la comprensión de nuestro entorno; si negásemos la existencia de todo aquello que no encaja bien en nuestras mejores teorías, la ciencia no avanzaría. Por todo esto, considero que debemos ser muy cuidadosos a la hora de interpretar las teorías o sus conceptos como estructuras que representan sin más la realidad del mundo.

Por lo tanto, mi propósito es construir o al menos esbozar una posible teoría del tiempo que sea coherente con la concepción dinámica del mundo. Una teoría que en su base tenga el dinamismo expresado a modo de cambio y que a su vez sea compatible con nuestras teorías científicas más exitosas. Además, voy a apostar por una interpretación relacional del tiempo o, mejor dicho, del espacio-tiempo, donde el tiempo es la medida del cambio; medida que realizamos tomando por convención otros sistemas cambiantes que servirán como referencia métrica. Esta concepción del tiempo no es caprichosa, es el único hecho comprobable que poseemos del tiempo y nunca nadie ha tenido ni tendrá una experiencia temporal que pueda rebasar la experiencia del cambio.

Esta teoría tiene un claro rival, la teoría del universo bloque, por lo que, para comprender mejor mis afirmaciones, será necesario tenerla como trasfondo. Asimismo, trataré de dar respuesta a los retos que esta teoría plantea a la

visión dinámica que voy a defender. Por lo que el segundo objetivo de la tesis es dar respuesta tanto a los argumentos metafísicos como a las diferentes interpretaciones de la teoría de la relatividad que sustentan la teoría del universo bloque y que podrían representar serias objeciones a la teoría relacional que voy a defender.

Soy claramente consciente de que esta discusión que voy a tratar es de naturaleza filosófica y que por tanto no puede decantar el debate hacia un lado u otro, ya que esto depende de muchos factores, como los valores epistemológicos, filosóficos, estéticos, interpretación de las teorías, etc. No obstante, sí que estoy convencido del valor de los argumentos que se van a exponer aquí.

La tesis está dividida en dos secciones. En la primera, trato de establecer la base de la teoría relacional que voy a defender, mientras que en la segunda voy a confrontar los argumentos sostenidos por los partidarios del universo bloque y voy a tratar de darles solución desde la perspectiva defendida en la primera sección.

La primera sección, está dividida a su vez en cinco apartados. En el apartado 1.1 se realiza un recorrido a lo largo de la formación de la concepción de tiempo que poseemos en la actualidad. Con ello, pretendo mostrar cómo las distintas concepciones del tiempo que la humanidad ha ido adoptando a lo largo de la historia han sido altamente dependientes de las condiciones materiales que las rodeaban. Pretendo construir un relato coherente en el cual se vea que nuestra concepción lineal del tiempo es el resultado de un proceso histórico que ha tenido diferentes fases en función de qué realidades resultaban más relevantes para el ser humano. Así, mientras la humanidad fue cazadora y recolectora, su dependencia de los ritmos naturales hizo que prevaleciese la visión circular o cíclica del tiempo. Por el contrario, la religión monoteísta, primero con el zoroastrismo y posteriormente con las religiones del Libro, impuso una visión del mundo lineal, dotada de un inicio y de un fin. En la actualidad, la visión del tiempo que poseemos en occidente sigue obedeciendo a la misma lógica lineal introducida por la religión. Asimismo, dada la relevancia que la ciencia posee hoy en día, no resulta sorprendente

que muchos pensadores adopten esos mismos esquemas conceptuales para interpretar la realidad.

En el apartado 1.2, voy a exponer una breve historia del origen de la disputa entre la concepción relacional y la sustancial del tiempo. Veremos que esta disputa tiene un origen marcadamente verificacionista; mientras Newton no tenía inconveniente en aceptar la existencia del espacio y el tiempo absolutos y sustanciales a pesar de ser consciente de la imposibilidad de su medida, los defensores de la teoría relacional no aceptaban la existencia de entes que no pudieran ser percibidos y que cuya existencia apenas poseía capacidad explicativa alguna. Expondré algunos de los argumentos más relevantes que se dieron en contra de la concepción sustantiva, muchos de los cuales vinieron de la mano de Leibniz, y de la interpretación y soluciones propuestas al experimento del cubo que planteó Newton¹. Finalmente, analizaré cómo influyó la llegada de la teoría de la relatividad en el debate y aportaré algunas alternativas que justificarían una interpretación relacional del concepto de espacio-tiempo de la teoría de la relatividad general.

Por su lado, el apartado 1.3 estará destinado a analizar una de las teorías reduccionistas más influyentes, la teoría causal del tiempo (TCT). Tal y como veremos, una vez que aceptamos que podemos explicar la naturaleza del tiempo o de la dinámica del universo sin recurrir a dimensiones sustantivas, como el tiempo, debemos encontrar el modo de explicar las características que este parece exhibir. Una de las más relevantes es sin duda la asimetría temporal, la cual hace que ciertas cosas sucedan siempre antes que otras y que unos sistemas den origen a otros. Esta teoría trata de reducir las relaciones temporales a relaciones causales, de modo que podemos establecer que las causas siempre preceden a sus efectos y basar en esta relación la asimetría

¹ Con este experimento mental, Newton trató de mostrar que el origen de la fuerza centrífuga estaba en el movimiento de los sistemas respecto del espacio, de este modo, un cubo lleno de agua que rotase en un universo vacío experimentaría fuerza centrífuga precisamente por estar en movimiento respecto del espacio absoluto.

temporal. También presentaré los problemas que la TCT posee para aportar una definición adecuada del tiempo y justificar la irreversibilidad.

En el apartado 1.4, analizo otro intento de reducir las relaciones temporales al incremento o reducción de los niveles de entropía que posee el universo como sistema. Según este intento de reducción, la segunda ley de la termodinámica sería la responsable de la flecha temporal al establecer que el nivel de entropía de los sistemas siempre aumenta hasta llegar al límite entrópico máximo del sistema en el cual permanecería para siempre. De este modo, se identifican los estados de entropía baja con el pasado, mientras que los estados de alta entropía se corresponden con el futuro de los sistemas.

No obstante, esta estrategia también debe enfrentarse a serios problemas. En primer lugar, la termodinámica, tras ser reducida a la mecánica estadística, deja de ser una teoría de naturaleza irreversible para convertirse en reversible y, por lo tanto, se ve afectada por el teorema de la recurrencia de Poincaré. Según este, un sistema cerrado volverá a estados arbitrariamente cercanos al estado inicial, si poseemos el tiempo suficiente. Esto es, este teorema amenaza la posibilidad de establecer la flecha temporal a través de la teoría termodinámica. Por otro lado, para que este método de reducción sea aceptable deberá mostrar que todo proceso irreversible es un proceso termodinámico y por el momento esto no está del todo claro.

El 1.5, será el apartado final de la sección. En él, voy a tratar de establecer cómo debe entenderse la relación entre cambio y tiempo. Para ello, comenzaré con una genealogía de la métrica del tiempo, en la que se podrá ver que más allá de la medición del cambio mediante otros sistemas cambiantes que utilizamos como referencia, no se entiende la historia ni la práctica de la medición temporal. También aportaré una definición de cambio, donde lo consideraré como un elemento básico de la realidad que no puede ser reducido a ningún otro. Una vez establecido el marco teórico adecuado, respondo a algunas críticas habituales contra la noción de cambio. Trataré de dar respuesta a las paradojas de Zenón; al problema de la velocidad del paso del tiempo, o reformulado para nuestra situación, el problema de la velocidad del cambio; para finalmente abordar la generalmente aceptada

interdependencia del cambio y el tiempo, interdependencia que trataré de negar.

Ya en la segunda sección, discutiré aquellos argumentos que sostienen la visión estática de la realidad. En el apartado 2.1, abordaré las críticas más relevantes provenientes del ámbito de la metafísica, concretamente, trataré de superar el argumento de la irrealidad del tiempo de McTaggart, no sin antes haber enmarcado dicho argumento y actitud hacia la realidad dentro de una tradición filosófica determinada. Asimismo, expondré los rasgos principales de la discusión que surgió posteriormente entre los teóricos que defendían una visión estática de la realidad (serie B) y los que defendían una realidad dinámica en la que el presente posee un estatus ontológico privilegiado (serie A). También trataré de mostrar que el método empleado en este debate no puede conducirnos a dilucidar la naturaleza del tiempo, dado que descansa sobre un realismo lingüístico excesivo y no existe razón alguna para pensar que las estructuras y lógica de nuestro lenguaje deban corresponderse con la realidad.

De estas dos series temporales A y B, surgen diferentes modelos de existencia como lo son el presentismo, el universo bloque o el bloque creciente. La diferencia fundamental estriba en qué es lo que existe en cada uno de ellos. En el primero solo el presente es real o existe, mientras que en el bloque creciente existen el presente y el pasado, y en el universo bloque, dado que el presente es consecuencia de un punto de vista determinado, no se hacen distinciones ontológicas entre pasado, presente y futuro; todos los eventos son igualmente reales y existentes. Para superar estos modelos de existencia voy a proponer un criterio de existencia, según el cual, solo existe aquello con lo que se puede interactuar. Este criterio descarta eventos pasados y futuros, por lo que habrá que tratar de responder al problema de los *truthmakers*, el cual afirma que, si el pasado y el futuro no tienen existencia, no poseeríamos nada que hiciese verdaderas las proposiciones sobre el pasado y el futuro.

Finalmente, en el apartado 2.2, voy a tratar las interpretaciones que se han hecho de la teoría de la relatividad que conducen al universo bloque. En primer lugar, voy a presentar el argumento que afirma que la teoría de la

relatividad requiere de un mundo tetradimensional. De lo contrario, se afirma, los efectos relativistas carecerían de sentido. Pero, como veremos, la teoría de la relatividad fue formulada primeramente en una geometría tridimensional, por lo que el requisito del 4D no parece sostenible.

Posteriormente, trataré el célebre argumento formulado por Putnam, según el cual, la relatividad de la simultaneidad implica la preexistencia y determinación de todos los eventos. No obstante, voy a defender que ese resultado implica ciertos presupuestos metafísicos que no se encuentran en la propia teoría, por lo que son evitables.

Finalizaré con una reflexión acerca de la actitud respecto de las teorías científicas y sus conceptos. Considero que el debate que se ha dado en torno al realismo científico resultaría de gran ayuda si lo aplicásemos a la filosofía del tiempo; nos ayudaría a adoptar posturas menos extremas dada la naturaleza y la falibilidad de las teorías científicas.

Como se puede comprobar, en esta tesis bebo, principalmente, de fuentes filosóficas y de la física como ciencia. No obstante, soy consciente de otros ámbitos que pudieran arrojar luz a la discusión, como lo son la neurociencia o la psicología de la percepción. No solo para analizar qué parte de la percepción temporal es puesta por nosotros, sino también para dilucidar si existe cierta tendencia en el ser humano que lo empuje a dar más crédito al saber conceptual que a la experiencia del mundo. Esto es, si la inclinación hacia el realismo tiene cierto componente innato o no. Sin embargo, cada uno de estos aspectos es sumamente complejo y para tratarlos como se merecen requerirían por sí mismos de una tesis independiente. Por esta razón, estas cuestiones no son abordadas en esta investigación.

SECCIÓN PRIMERA.

FUNDAMENTO METAFÍSICO DEL TIEMPO.

A cada instante, aunque te mantengas inmóvil, estás cambiando de lugar y de tiempo gracias a las infinitesimales descargas químicas en las que consisten tu imaginación y tu conciencia.

Muñoz Molina (2001: 375).

1.1. Imágenes del tiempo y relojes.

Si bien este apartado no es determinante, sí considero que es crucial apuntar la influencia que el entorno natural, las condiciones de vida y la cultura tienen sobre las ideas que se desarrollan sobre el mundo y su realidad a lo largo de la historia. A pesar de que cuando hablamos de filosofía del tiempo estemos considerando conceptos académicos y sofisticados del tiempo, no cabe duda de que estos conceptos siguen siendo constructos sociales, en tanto contruidos por determinados colectivos. Así pues, dichos conceptos pueden estar, al menos de un modo parcial, influidos por el entorno material y cultural de las diferentes sociedades en las que surgen. En ocasiones podemos tener la tentación de tratar estos conceptos de un modo ideal, cuasi objetivo, desconectados de su encarnación en el intelecto humano. Por ello, creo interesante un análisis de este tipo, en el que se muestren los lazos que hay entre el entorno natural, el modo de vida de las sociedades y el concepto de tiempo que diferentes culturas han tenido a lo largo de la historia.

El modo en el que vivimos y cómo es el entorno afecta a la concepción del mundo y a los sistemas culturales. Es ampliamente reconocido que el conocimiento del ser humano no es objetivo y que este toma como fuente para el desarrollo de sus teorías acerca del mundo su experiencia en su entorno. Así, es probable que culturas que vivan en contextos muy diferentes, tomen como base de su conocimiento premisas diferentes. Estas ideas, una vez concebidas, parecen cobrar vida propia y se diseminan a través de las diferentes culturas debido al contacto intercultural. De modo que hay al menos dos factores que pueden alterar las ideas que poseemos acerca del mundo: el entorno, junto al modo que tenemos de relacionarnos con él, y el intercambio cultural.

Teniendo en mente estos factores la cuestión sería cómo podríamos dar cuenta de las diferentes concepciones del tiempo que se dan y se han dado a lo largo de la historia en las diferentes culturas. Intentaré mostrar a través del surgimiento de algunas de las concepciones del tiempo más importantes, como las concepciones cíclicas y rectilíneas, cómo están relacionadas con el entorno, el modo de vida y la idiosincrasia de los pueblos.

1.1.1. El entorno natural y la concepción cíclica del tiempo.

El ser humano es y ha sido capaz de reconocer ritmos y regularidades en la naturaleza. Esta capacidad es consecuencia de nuestra experiencia, de la habilidad para almacenar en nuestra memoria información relevante de nuestro entorno, de la destreza a la hora de realizar juicios y sacar conclusiones con dicha información, siendo capaces de elaborar predicciones a partir de ella. De hecho, esta habilidad cognitiva es uno de los factores clave de la adaptabilidad de nuestra especie.

En sus albores, la humanidad fue capaz de reconocer ciertas regularidades de la naturaleza como los ciclos lunares y solares, y relacionarlos con las estaciones, el comportamiento de los animales, las fases vitales de las plantas, así como con la fertilidad femenina. Este factor impregnó gran parte de la vida y de la cultura del ser humano desde sus inicios, desde la concepción del mundo para conocerlo y controlarlo mejor, hasta las prácticas religiosas derivadas de la creencia en que la luna y el sol controlaban o representaban realmente los ciclos de los que dependían las personas de aquella época. Así lo expresa Eliade:

Unos 15.000 años antes del descubrimiento de la agricultura ya se analizaba, se memorizaba y se utilizaba el ciclo lunar con fines prácticos. Se puede entender así mucho mejor el cometido fundamental de la luna en las mitologías arcaicas y, sobre todo, el hecho de que el simbolismo lunar haya integrado en un único «sistema» realidades tan diversas como la mujer, las aguas, la vegetación, la serpiente, la fecundidad, la muerte, el «renacer», etc. (1999: 47-48).

Efectivamente, ya en el Paleolítico Superior, se hacía uso de un sistema simbólico de anotaciones temporales basado en la observación de las fases lunares, tal y como Alexander Marshack (1972: 81) pudo demostrar. Ocurre, además, que en la época en la que el ser humano era cazador recolector, la relevancia de los ciclos solares no era tanta, ya que los pueblos nómadas no dependen de estos ciclos como los sedentarios y agricultores. Los ciclos

lunares aparecían de forma más evidente por su influencia en la reproducción y la fertilidad, en el comportamiento de los animales, así como en las mareas y en el clima. Por otro lado, en un principio los ciclos lunares fueron más evidentes que los ciclos solares por ser más cortos, por lo que fueron los primeros en ser analizados y utilizados. Por ello, resulta comprensible que los primeros calendarios que se utilizaron para sincronizar las actividades sociales con los ritmos naturales fuesen lunares.

Sin embargo, alrededor de 9000-7000 a.C. la agricultura comienza a desarrollarse en las cuencas de los ríos Nilo, Tigris y Éufrates, entre el actual Egipto y la antigua Mesopotamia. Esto no solo supuso un cambio en el modo de subsistencia, sino que alteró por completo el reparto del trabajo entre el hombre y la mujer, creando unas necesidades completamente nuevas que requerirían métodos de medición del tiempo más precisos y adecuados a su nuevo medio de subsistencia:

Al convertirse en productor de sus alimentos, el hombre tuvo que modificar su comportamiento ancestral. Ante todo, hubo de perfeccionar su técnica para la medida del tiempo, descubierta ya durante el Paleolítico. Ya no bastaba asegurar la exactitud de algunas fechas futuras con ayuda de un calendario lunar rudimentario. En adelante, el cultivador no tenía más remedio que elaborar numerosos planes con mayor o menor anticipación al momento de ponerlos por obra, pues se veía obligado a realizar en un orden preciso una serie de actividades complejas con vistas a obtener un resultado lejano y, sobre todo al principio, jamás seguro: la cosecha (Eliade, 1999: 65-66).

La importancia de estos ciclos cósmicos y naturales que regulaban la vida de los pueblos fue impregnando la concepción del mundo y del tiempo. La experiencia mostraba un mundo cíclico de nacimiento, muerte y resurrección. Observaban el ciclo de los días y las noches, cómo cada día a la salida del sol le sucedía su puesta. Asimismo, eran muy conscientes de la repetición de los ciclos lunares y los ciclos de la vida vegetal, con su muerte y renacer en las estaciones. Todo a su alrededor parecía cíclico, tanto su entorno como la

herramienta que usaban para medir el tiempo (el sol y la luna) (Marshack, 1972). En estas condiciones no resulta extraño que la idea de que todo era cíclico se impusiera, incluyendo el tiempo. Así, empieza a surgir la concepción del tiempo cíclico. Extrapolando la observación repetitiva de los astros, se llega a una concepción de ciclo cósmico, de modo que el cosmos estaría inmerso en un ciclo perpetuo de creaciones y destrucciones sucesivas. El mundo y la propia vida humana “se valoran en términos de la vida vegetal, y de ahí que el ciclo cósmico se conciba como la repetición indefinida del mismo ritmo: nacimiento, muerte, renacer” (Eliade, 1999: 71).

Ejemplos significativos de la manera en que las necesidades materiales de subsistencia han marcado la concepción cíclica del tiempo son: el establecimiento del inicio del ciclo anual y las festividades de año nuevo. A lo largo de la historia las diferentes culturas hacían coincidir el inicio del año con algún evento de gran importancia para su subsistencia. Es habitual que en las sociedades sedentarias que dependen de la agricultura, la celebración del año nuevo coincida con la época de cosecha. Más aún, autores como Eliade (1959: 51) o Nilsson (1920: 270) afirman la identidad entre el “año nuevo” y la cosecha mostrando que en lugares donde se dan varias cosechas, se suelen dar varias festividades de año nuevo (a pesar de que uno de ellos sea el principal). En algunos casos esta identidad es tan evidente que cuando la cosecha no es buena, la celebración del año nuevo es cancelada. En el caso de los egipcios, el evento que marcaba el cambio de año era la crecida del Nilo (Assmann, 2011: 37), ya que la fertilidad de sus tierras y su actividad agrícola dependían de estas crecidas periódicas. Por su lado, los babilonios celebraban el año nuevo *Akîtu* al inicio del equinoccio de primavera o también podía ser celebrado al inicio del equinoccio de otoño, fechas fundamentales para las sociedades agrícolas ya que suelen corresponder con la época de la siembra y la cosecha. En esta ceremonia el monarca tenía una función central, ya que era considerado el hijo de dios en la tierra, el cual debía mantener el orden de los ritmos naturales y del bienestar social (Eliade, 1959: 55).

Tal y como se puede apreciar, las costumbres y prácticas de las civilizaciones antiguas apuntan a una gran influencia de los ritmos biocósmicos sobre su concepción del tiempo:

...the essential thing is that there is everywhere a conception of the end and the beginning of a temporal period, based on the observation of biocosmic rhythms and forming part of a larger system the system of periodic purifications (cf. purges, fasting, confession of sins, etc.) and of the periodic regeneration of life [...] a periodic regeneration of time presupposes, in more or less explicit form and especially in the historical civilizations a new Creation, that is, a repetition of the cosmogonic act (Eliade, 1959: 52).

Efectivamente, tal y como Eliade avanza en este fragmento, estos ritmos naturales no solo condicionan el establecimiento del inicio y final del año, sino que imprimen en ellos un claro carácter cíclico. De este modo, cada año nuevo sería el comienzo de un ciclo completamente nuevo y el final del anterior. Esta renovación del mundo se refleja en los ritos religiosos en los que reactualiza el mito cosmogónico, esto es, se vuelve a reiniciar el cosmos con cada celebración del año nuevo (Eliade, 1999: 71). Este carácter cíclico conlleva una anulación de la historia y del tiempo pasado, de modo que las personas en las sociedades primitivas podían descargar este peso del pasado y sus pecados para seguir adelante con menos carga. Por esta razón, los cambios de ciclo solían estar marcados por ritos de purificación como la expulsión de malos espíritus, la confesión de los pecados, o el sacrificio de chivos expiatorios etc. y la recreación del acto cosmogónico (Eliade, 1959: 54-92).

Podría parecer que esta mentalidad cíclica no tiene nada que ver con la sociedad occidental actual. Sin embargo, aún quedan restos de estas ideas y prácticas en el fondo de nuestro ideario. El milenarismo, el carácter ritual de las Fallas, las hogueras de San Juan y los propósitos de año nuevo son claros ejemplos de dicha mentalidad. El modo en el que voy a usar aquí el término de “milenarismo” puede no ser el más adecuado, ya que no lo voy a usar en el

sentido tradicional que tiene su origen en las interpretaciones del texto del Apocalipsis. Voy a utilizarlo dándole el sentido de la inclinación que en ocasiones tienen los seres humanos de interpretar el fin de un milenio en un determinado calendario con augurios catastróficos. ¿Qué motivos podrían llevarnos a pensar que el hecho de cumplirse un milenio según un calendario determinado sea augurio de calamidades sino una mentalidad que identifica dicho calendario con los ciclos temporales? Desde este punto de vista se entienden los temores ante aquel efecto 2000² (teoría de gran repercusión mediática), centrados en un gran fallo informático que sumiría a toda la civilización occidental en el caos y la llegada del fin del mundo. En ocasiones incluso son usados calendarios de civilizaciones ya desaparecidas, como el calendario Maya, el cual según algunos milenaristas auguraba el fin del mundo o un cambio de época para el año 2012 (esta teoría inspiró varias películas taquilleras hollywoodienses y otras de serie B de nombre 2012).

Por otro lado, y de un modo más oculto, en los “propósitos de año nuevo” también sobrevive sutilmente esta mentalidad cíclica. Supone proponerse realizar para el nuevo año, todo aquello que no ha podido llevarse a cabo durante el año que finaliza (hacer más deporte, ser más amable con la gente, llevar una vida más sana, etc.). Esta costumbre anual de muchas personas, presume una concepción en la que con el nuevo año empieza una nueva oportunidad de no caer en los errores del ciclo anterior y mejorar nuestro modo de vida. Supone la creencia implícita en un nuevo comienzo y por lo tanto, que esta separación entre un año y otro no es un continuo separado por la parcialidad de una convención social, sino que obedece a una realidad cíclica de la vida y del mundo, que nos brinda nuevas posibilidades de superación en cada ciclo que comienza.

² Repercusión mediática del efecto 2000: podemos verlo en series como Los Simpson, My Name Is Earl, Futurama, Family Guy, La Red; o en películas como La Trampa, incluso en informativos (www.youtube.com/watch?v=zBsCfmLmK4).

1.1.2. La escatología y la concepción lineal del tiempo.

En Persia, a mediados del siglo VI a.C. surgió una religión, el zoroastrismo o mazdeísmo, que influenciaría en el pensamiento occidental y que acabaría llevando a una concepción rectilínea del tiempo. Una vez más, podemos encontrar en la coyuntura material de la población persa la posible razón que llevó a Zaratustra, fundador de esta religión, a interpretar el mundo en el modo en el que lo hizo. En palabras de Whitrow:

La religión monoteísta de Zaratustra puede considerarse una respuesta a las condiciones sociales de su tiempo, una época de transición en la que una comunidad agrícola y pastoril establecida era amenazada por tribus depredadoras que todavía llevaban una forma de vida nómada. Zaratustra interpreto la lucha entre las fuerzas del bien y del mal en términos éticos y creyó que ello impregnaba todo el universo (1990: 52).

El zoroastrismo llegó a ser la religión mayoritaria de Medio Oriente entre los siglos VI a. C. y el X d. C., disfrutando del patrocinio del Imperio Persa. Durante estos siglos, esta religión influyó en la creencia helenística, judía, cristiana y musulmana mediante el contacto de sus practicantes (Jones, 2005b: 9988). Según el zoroastrismo, el ser primordial Ahura Mazda (el sabio Señor) representaba el orden y la verdad y sería venerado como “el padre del orden” y “creador del bien”. Este a su vez crearía a Spenta Mainyu (el espíritu santo) que representa la creación de todo lo bueno que existe en el mundo y al espíritu del mal, Angra Mainyu (espíritu enfadado) al que se le relaciona con el caos y las cosas malas del mundo (Jones, 2005b: 9989). Sin embargo, dado que a Ahura Mazda no se le puede atribuir la creación del mal y este debe ser explicado, se concibe el problema en términos éticos, atribuyendo la existencia del mal al libre albedrío (Whitrow, 1990: 52-53). De este modo, Angra Mainyu no sería la representación del mal por su esencia misma, sino por elección libre.

Por otro lado, el zoroastrismo introduce una novedosa interpretación de la historia que posteriormente influirá en las religiones semíticas. Según la

escatología transmitida por Zaratustra, el mundo es el escenario de la batalla entre el bien y el mal. Pero esta batalla no es interpretada únicamente como una cuestión de los dioses, por el contrario, dado que el bien y el mal impregnan todos los ámbitos del universo y que la vida corpórea de los seres humanos es una extensión de la vida espiritual, las personas se ven inmersas en esta lucha entre la verdad y la confusión. Dado que el ser humano posee libertad de acción, deberá elegir si regir su vida de acuerdo a la verdad o a la confusión. Así, si lleva una vida correcta, en su muerte, su alma irá al paraíso (dado que con sus buenas acciones estará contribuyendo a vencer el mal), mientras que si se corrompen irá al infierno.

Sin embargo, de acuerdo con la escatología mazdeísta, el bien y la verdad triunfarán finalmente sobre la confusión y el mal. En ese momento, Ahura Mazda ordenará resucitar a todos los muertos, quienes serán juzgados de acuerdo a sus acciones. Aquellos que llevaron una buena vida contribuyendo en la lucha contra el mal disfrutará de una vida inmortal y feliz, mientras que aquellos que obraron mal tendrán que seguir sufriendo y purificar sus pecados a través de un camino de metal fundido. Por su parte, Angra Mainyu será neutralizado y expulsado de la creación de vuelta al infierno, el cual será sellado con metal derretido para toda la eternidad. Entonces Ahura Mazda eliminará todo rastro del mal del mundo, el mundo físico devendrá en inmortal y los seres humanos serán felices para siempre en una tierra renovada, pura y perfecta (Jones, 2005b: 9996-9997).

Esta concepción de la historia del cosmos es la primera escatología sistemática conocida que rompe con la tradicional visión cíclica del tiempo. Según esta tradición, el tiempo, la historia, comienza con la creación del cosmos por Ahura Mazda y termina con la derrota del mal, el restablecimiento del orden y la perfección cósmica en un paraíso terrenal. Así pues, podríamos estar ante el punto de partida de la concepción rectilínea del tiempo que seguiría desarrollándose en occidente.

Este parece ser el caso, ya que es generalmente aceptado que tanto la tradición judía, como la cristiana y la islámica recibieron influencias de la escatología mazdeísta (Jones, 2005a: 2834). El contacto entre judaísmo y

zoroastrismo se dio en la época del cautiverio de los judíos en Babilonia durante la era persa. Es conocido que los sacerdotes mazdeístas, los llamados “*magi*” (magos), comenzaron a trabajar conjuntamente con otros grupos religiosos dentro de Persia para regular la actividad religiosa. Entre estas comunidades se encontraba el patriarcado judío. Por otro lado, en el cristianismo, la relación con el zoroastrismo queda registrada dentro del nuevo testamento, al introducir a los *magi* como la figura de los sabios que viajan desde oriente a Belén a rendir homenaje al niño Jesús (Jones, 2005b: 9990).

Además, esta influencia es apreciable en parte de las creencias tanto del judaísmo y del cristianismo, como del islam. Ocurre que la escatología de estas religiones comparte la misma estructura (Jones, 2005a: 2835), además de otras muchas similitudes en la soteriología, angelología y demonología, en relatos como el de los humanos primigenios (Adán y Eva), el mito del diluvio universal e incluso en algunas características que se atribuyen a dios³. Comparten la creencia en que los seres humanos tienen un papel en la lucha entre el bien y el mal. Todas ellas coinciden en que finalmente el bien triunfará sobre el mal y en que habrá un gran juicio precedido por la resurrección de los muertos en el que los píos serán recompensados y los impíos castigados; están de acuerdo en que después de este proceso tendrá lugar un mundo en paz, perfecto y renovado: el reino de dios en la tierra.

El último libro del nuevo testamento, el Apocalipsis de San Juan, no deja dudas sobre la influencia mazdeísta en la escatología cristiana:

El Diablo, que los había seducido, será arrojado al estanque de azufre ardiente donde están también la Bestia y el falso profeta. Allí serán torturados día y noche por los siglos de los siglos. Y vi a los que habían muerto, grandes y pequeños, de pie delante del trono. Fueron abiertos los libros, y también fue abierto el Libro de la Vida; y los que

³ Para más información sobre las influencias del zoroastrismo sobre el judaísmo y el cristianismo, consultar: <http://www.jewishencyclopedia.com/articles/15283-zoroastrianism>

habían muerto fueron juzgados de acuerdo con el contenido de los libros; cada uno según sus obras. Y los que no estaban inscritos en el Libro de la Vida fueron arrojados al estanque de fuego (Apocalipsis 20: 10-15).

Después vi un cielo nuevo y una tierra nueva [...]. Vi la Ciudad santa, la nueva Jerusalén, que descendía del cielo y venía de Dios [...]. Esta es la morada de Dios entre los hombres: él habitará con ellos, ellos serán su pueblo, y el mismo Dios estará con ellos. El secará todas sus lágrimas, y no habrá más muerte, ni pena, ni queja, ni dolor, porque todo lo de antes pasó (Apocalipsis 21: 1-4).

De este modo, se puede considerar que a través de la influencia del cristianismo la concepción del tiempo rectilíneo pasa a formar parte del ideario occidental, donde poco a poco seguiría desarrollándose y sumando otras influencias socio-económicas, políticas o epistemológicas, entre otras. Esta concepción finalista del tiempo fue hegemónica en occidente durante la Edad Media, época en la que el pensamiento religioso impregnaba todos los ámbitos de la sociedad.

En el siglo IV d. C., encontramos un autor fundamental en la Edad Media, tanto a nivel filosófico como teológico. Agustín de Hipona, uno de los padres de la iglesia católica, desarrolla desde un punto de vista filosófico la idea de tiempo. Siguiendo con la tradición cristiana entiende que el mundo fue creado por Dios, por lo que este tendría un inicio. Sin embargo, considera que Dios es un ente extratemporal, por lo que no se le pueden atribuir características temporales, el tiempo es solo aplicable a la creación. Así pues, tenemos que el tiempo depende de la creación, por lo que el tiempo surge y desaparece junto con la creación (Agustín de Hipona, 2010: 558-559).

1.1.3. La revolución científica: el tiempo se independiza de los cambios.

Tras siglos de dominio prácticamente incuestionado, los cimientos de esta concepción escatológica del tiempo comenzaron a moverse. En el siglo XVI,

de la mano de la astronomía copernicana, ciertos dogmas enraizados en la tradición judeocristiana empezaron a ser criticados y negados; dogmas como el geocentrismo, el tamaño del universo o la existencia de las esferas celestes. Este proceso de cambio vino a llamarse Revolución Copernicana, en la cual se rechazó la visión del universo que se poseía (geocentrismo) en favor de una teoría que conciliase de un modo más armonioso y sistemático los datos de la experiencia (el heliocentrismo). En 1687, Newton culminó esta revolución con la publicación de su *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* en la que exponía en términos mecánicos cómo su ley de la gravedad universal era capaz de explicar las órbitas elípticas descritas por Kepler en un marco heliocéntrico. De este modo, se cerraba un período en el que la teoría astronómica estaba marcada por la tradición teológica, y se abría la posibilidad de concebir el mundo fuera de los esquemas tradicionales del cristianismo, a pesar de que la influencia de este seguiría siendo fundamental.

En lo que a la imagen del tiempo occidental se refiere, la física newtoniana considera el tiempo como una línea recta, regular (absoluta) y sustantiva que es la medida de todo cambio. Ya en la física matemática de Galileo, el tiempo es una propiedad fundamental, necesaria para toda medición de velocidad o aceleración. Sin embargo, el tiempo sigue siendo considerado en el contexto de los fenómenos naturales como las órbitas de los planetas o de la caída de los graves. Galileo entendía el tiempo en relación con el movimiento, tal y como se mostraba en sus fórmulas: “la igualdad y uniformidad del movimiento se define y se concibe sobre la base de la igualdad de los tiempos y de los espacios [...], así también, mediante una subdivisión uniforme del tiempo, podemos imaginarnos que los aumentos de velocidad tengan lugar con simplicidad” (Galileo, 1976: 276).

No obstante, posteriormente esta concepción del tiempo cambiaría con Newton. Parece ser que Newton estuvo influenciado por su maestro Isaac Barrow en su concepción del tiempo y del espacio. Este pensaba que el tiempo es independiente del movimiento de las cosas, para Barrow el tiempo seguiría transcurriendo a pesar de la falta absoluta de movimiento. Por lo tanto, considera que el tiempo y espacio son independientes del movimiento,

reconociéndoles una existencia independientemente de los objetos, pero no de Dios (van Fraassen, 1978: 32-34).

Newton en sus escritos parece fuertemente influenciado por esta concepción del tiempo, ya que les otorga al tiempo y al espacio un estatus independiente de las mediciones de los seres humanos, así como de los fenómenos naturales usados para medirlos. Él mismo lo explicita de este modo:

El tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí y por su propia naturaleza sin relación a nada externo fluye uniformemente, y se dice con otro nombre: duración. El tiempo relativo, aparente y vulgar es alguna medida sensible y exterior (precisa o desigual) de la duración mediante el movimiento, usada por el vulgo en lugar del verdadero tiempo; hora, día, mes y año son medidas semejantes (Newton, 1687: 32-33).

De este modo, podemos ver, por lo menos en un plano metafísico, que la concepción del tiempo a la que Newton se adhiere y explicita en los *Principia* acabaría por mezclarse con otras concepciones desarrolladas a lo largo de la historia; como por ejemplo con la teoría por la que Newton se decantaba, la cual concibe el espacio y el tiempo como sustancias independientes e infinitas; o con aquella en la que el tiempo es finito, con un inicio y un final. Sin embargo, aunque se mezclase con la una o con la otra, el tiempo absoluto sería núcleo fundamental de los distintos matices que esta pudiese tomar. Esto es, el tiempo como una dimensión que fluye a un ritmo fijo e independiente de cualquier otro sistema, dentro del cual se producen los cambios y gracias al que se podrían realizar mediciones absolutas del paso del tiempo (al menos desde un punto de vista ideal).

Es necesario remarcar, que si bien parece que Newton no fue el iniciador de la concepción del tiempo absoluto, sí que fue fundamental en su expansión debido a los grandes éxitos materiales y explicativos que consiguió la mecánica newtoniana.

1.1.4. La concepción histórica del tiempo y de la naturaleza.

El avance en la explicación del mundo, dejando la teología de un lado, siguió su curso. Así, Newton usó su teoría de la gravitación universal para dar cuenta de la órbitas de planetas y satélites, pero dejó sin explicar cómo se originaban dichos sistemas. La primera explicación no teológica, la encontramos en Descartes, quien asumía que, en un inicio, el cosmos estaba lleno de materia distribuida uniformemente. Según su teoría de los torbellinos, los planetas y el sol se habrían formado a través de un proceso de evolución natural de combinación y separación (Descartes, 1644).

Kant (1755), por su parte, conjeturaba que en su estado primigenio, el universo estaría compuesto de materia distribuida homogéneamente y en estado gaseoso, la cual iría condensándose generando las estrellas y los planetas gracias a la fuerza de la gravedad. De este modo, la explicación teológica de la historia del mundo va perdiendo relevancia explicativa a favor de la explicación mecanicista y va siendo relegada a cumplir el servicio de justificar la estructura y racionalidad del mundo: “hasta en las características más esenciales de los elementos que forman el caos, se observa un indicio de aquella perfección que llevan en sí desde su origen, puesto que su esencia se deriva de la idea eterna de la Razón divina” (Kant, 1755: 67).

Esta dimensión histórica, que cada vez ganaba más terreno en la concepción del mundo, fue reforzando la idea del tiempo rectilíneo. Sin embargo, hay otro factor nada desdeñable en el afianzamiento y en la popularización de esta concepción rectilínea del tiempo. Dicho factor fue la idea de progreso, concepto que a pesar de tener una historia muy dilatada (desde la Grecia clásica hasta nuestros días), comienza a arraigar de un modo muy amplio en los intelectuales hacia el siglo XVII (Nisbet, 1979).

Por otro lado, el papel que tuvo la idiosincrasia cristiana en la concepción del progreso de la Europa Occidental es bien conocida y nada desdeñable. Tal y como se ha comentado previamente, el cristianismo posee una visión escatológica de la historia, en la que el fin del ser humano y del cosmos es alcanzar el Reino de Dios en la Tierra (el bien perfecto).

De hecho, tal y como Nisbet (1979: 23-24) afirma, la primera enunciación sistemática y amplia de la concepción secular de progreso fue realizada por Turgot en un discurso titulado “Cuadro filosófico de los progresos sucesivos del espíritu humano” y pronunciado en 1750 en la Sorbona. No es casualidad, por tanto, que Turgot hubiese sido estudiante de teología y que, en la época, aspirase a vincularse con la iglesia. Asimismo, seis meses antes de pronunciar su discurso, Turgot presentó su “Discurso Sobre las Ventajas del Establecimiento del Cristianismo ha Traído al Género Humano” en el que defiende la importancia crucial del cristianismo en el progreso de la humanidad. Finalmente, esta relación entre cristianismo y la concepción secular de progreso es aún más evidente si consideramos el hecho de que la *Historia Universal* de Bossuet inspiró la *Historia Universal* de Turgot. El primero, fervoroso cristiano, describe la historia como una serie de épocas que se suceden bajo el designio de Dios. El segundo, elimina el papel de Dios en la historia y sustituye las “épocas” por “etapas” de progreso social y cultural, emergiendo las unas de las otras por causas humanas.

Si bien es cierto que la concepción del progreso imprime cierto carácter histórico al ser humano, solo lo hace en su dimensión intelectual, social y cultural, dejando la explicación de su génesis en manos de la concepción creacionista del cristianismo. De este modo, se entiende que Kant, que aplicó las leyes de Newton para explicar el origen de los planetas, no aplicó esta historicidad a los seres vivos, ya que pensaba que estos no estaban sujetos a evolución (Whitrow, 1990: 195).

Para dar este último paso en la conciencia de la historicidad del ser humano, fue necesario minar la cronología cristiana que databa la edad de la tierra en más o menos 6000 años. Esta labor fue realizada por los geólogos entre 1750 y 1850 que fueron retrasando el origen de la tierra más y más, creando una nueva y amplísima escala de tiempo, basándose en los estudios que realizó James Hutton sobre los estratos rocosos y los fósiles que se encuentran en la corteza terrestre. En 1830, Charles Lyell publica la obra *Principios de Geología*, en la que explica cómo las fuerzas que formaron la tierra tal y como la conocemos, son las mismas que actúan en el presente. Entonces, comenzó a

entenderse dentro de la comunidad geológica que los tiempos necesarios para la formación de la tierra eran muy superiores a los estimados a partir de la Biblia (Toulmin y Goodfield, 1990: 138-166).

Este gran espacio temporal que se abría entre la formación de la tierra y el momento actual otorgaba nuevas posibilidades para los zoólogos. Tanto es así, que este nuevo marco favoreció el desarrollo de nuevas teorías científicas sobre la evolución biológica. Especialmente, el caso del darwinismo, el cual afirma que la evolución biológica se da por selección natural y de un modo azaroso. Así, los diferentes organismos tendrán éxito o no, dependiendo de lo bien adaptados que estén a su medio. Por otro lado, si las condiciones del entorno cambian, los organismos deberán cambiar para poder adaptarse al nuevo entorno. Por lo tanto, la evolución de las especies necesita de periodos enormes de tiempo para explicar la diversidad biológica actual a partir de organismos unicelulares.

La revolución que supuso la teoría de la evolución por selección natural, dio por primera vez carácter histórico y evolutivo, no solo a la humanidad, sino a toda la vida, apartando de la explicación el contenido teológico. Así, por primera vez en la historia occidental, el ser humano tiene conciencia de la historicidad de todos los ámbitos que conoce.

Esta nueva conciencia histórica y evolutiva de la realidad, sumada a la popular creencia secular en el progreso, parece reforzar la concepción rectilínea del tiempo. Hasta este momento, la hegemonía de la concepción rectilínea no estaba clara, sin embargo, tal y como bien explica Eliade, los avances de la biología fueron fundamentales en el triunfo de esta concepción del tiempo:

So it is that in the theories of Tycho Brahe, Kepler, Cardano, Giordano Bruno, or Campanella, the cyclical ideology survives beside the new conception of linear progress professed, for example, by a Francis Bacon or a Pascal. From the seventeenth century on, linearism and the progressivistic conception of history assert themselves more and more, inaugurating faith in an infinite progress, a faith already proclaimed by Leibniz, predominant in the century of

“enlightenment”, and popularized in the nineteenth century by the triumph of the ideas of the evolutionists (Eliade, 1959: 145-146).

1.1.5. La Revolución Industrial: la concepción regular del tiempo.

Los avances en las ciencias como la física, la geología, la biología, así como la relativamente nueva creencia en el progreso, fueron fundamentales en el establecimiento de la idea de un tiempo rectilíneo, absoluto y regular. Sin embargo, si tenemos en cuenta que el acceso a la cultura y la educación ha sido hasta hace muy poco tiempo privilegio de unos pocos, debemos considerar otros factores que hubiesen provocado este cambio de modo más general en la población europea. Estos factores los podemos encontrar en la Revolución Industrial, período en el que las condiciones de trabajo de los asalariados cambiaron radicalmente.

En Inglaterra, en el siglo XVII el calendario tradicional por el que se regían los días de los santos y se guardaba la cuaresma, fue atacado por los puritanos, secta radical del protestantismo, quienes abogaban por un estricto calendario compuesto por seis días de trabajo más uno de descanso. Al final del siglo, esta rutina de trabajo semanal fue generalmente aceptada a lo largo del país. De acuerdo con Keith Thomas (1991: 742-745), este cambio en los hábitos laborales ayudó, en gran medida, en la aceptación de un tiempo homogéneo y continuo, propiciando el abandono del tiempo aproximado e irregular que se usaba hasta el momento (el tiempo solar).

Otro factor fundamental fue la utilización de los relojes. Los relojes de las torres, a diferencia de los relojes solares o los de agua, no se veían afectados por la variabilidad climatológica a la hora de medir y anunciar el tiempo. Con este tipo de reloj un día nublado, o las frías noches de invierno ya no eran problema para medir el tiempo. Si bien, en un principio, estos relojes fueron utilizados principalmente en los monasterios para marcar las horas exactas de los rezos, poco a poco fueron extendiéndose a los pueblos y ciudades, marcando de este modo rítmico la vida y el trabajo de las personas. De forma que la actividad de las personas pasó a depender cada vez menos de las

variables horas de luz solar, para regirse por el mecanismo menos variable de los relojes (Mumford, 1992: 31).

Ahora consideremos uno de los mayores hitos de la Revolución Industrial: la máquina de vapor. No cabe duda de que este nuevo invento cambió drásticamente el modo de producción, pero también cambió el ordenamiento laboral de los trabajadores. Si bien, antes, los trabajadores debían trabajar duramente en sus telares, lo hacían bajo su propia gestión. Sin embargo, los trabajadores de las fábricas debían trabajar siempre dependiendo del funcionamiento de la máquina de vapor. Esto obligaba a sincronizar la fuerza de los trabajadores con la fuerza mecánica. Por lo tanto, estos debían ser extremadamente puntuales. Como bien expresa Whitrow (1990: 206), el resultado fue que “a diferencia de sus antecesores, tendieron a convertirse en esclavos del reloj”.

El efecto que tuvo el reloj sobre la sociedad y la producción fue tan grande que autores como Mumford (1992: 31) han llegado a afirmar que es precisamente el reloj y no la máquina de vapor el instrumento clave de la era de la industrialización. De este modo, el tiempo abstracto y regular proveniente de los relojes mecánicos acabaría por imponerse en la vida de todas las personas. Se fabricarían y se popularizarían los relojes de mano y toda persona tendría que regular toda su actividad de acuerdo con el ritmo sincronizado de los relojes.

El tiempo abstracto se convirtió en el nuevo ámbito de la existencia. Las mismas funciones orgánicas se regularon por él, “se comió, no al sentir hambre, sino impulsado por el reloj. Se durmió, no al sentirse cansado, sino cuando el reloj nos exigió. Una conciencia generalizada del tiempo acompañó el empleo más extenso de los relojes” (Mumford, 1992: 34).

A través de este recorrido histórico, se ha intentado mostrar cómo, muy al contrario de lo que en ocasiones se pueda pensar, el concepto de tiempo no es evidente ni estático. Hemos visto cómo los ritmos naturales pueden afectar a la concepción temporal que tengamos (circular en el caso de la antigüedad). Por otro lado, se ha mostrado cómo las concepciones religiosas pueden

afectar a nuestras ideas, a pesar de que tal y como se ha sugerido, las ideas religiosas, se alimentan a su vez del entorno vital de las sociedades. Así, se entiende la omnipresencia del sol en las religiones; que las religiones en las que se concibe una lucha entre el bien y el mal se den en tierras con climas extremos y entornos sociales inestables. Asimismo, se ha visto cómo las condiciones materiales de vida, los medios de producción y las herramientas utilizadas, ya sea para la actividad en sí o para ordenarla, también pueden afectar fuertemente. Este es el caso de las sociedades agrícolas, en las que la importancia del sol es tal, que se tiende a concebir la naturaleza bajo los ciclos solares; o el de la época de la Revolución Industrial, en la que la necesidad de la sincronización de la mano de obra con la maquinaria, fuerza la introducción de relojes y regular la vida de acuerdo con su ritmo, llevando a la sociedad a una concepción del tiempo homogéneo.

Sería temerario, no considerar en la reflexión filosófica estos factores por pensar que no afectan el pensamiento científico y filosófico. De hecho, es bien conocida la influencia que la religión ha tenido a lo largo de la historia del pensamiento. Asimismo, cuando Copérnico propone su sistema helioestático, lo hace empujado por la concepción estética del *Timeo*, por ello, ve la necesidad de acabar con los epiciclos del sistema ptolemaico para restituir la armonía y la belleza de los movimientos planetarios circulares y concéntricos entre sí (Redondi, 2010: 185); lo mismo puede ser observado en el caso de Newton. Según Alexandre Koyré (1957: 155-189), la física de los *Principios* no es separable de su teología, y asume que, la medida de las cosas no es el hombre, sino Dios, por lo que el hecho de que las medidas empíricas deban ser relativas, no significa que sean reales, ya que Dios también es concebido como la medida del tiempo.

Los ejemplos son numerosos a lo largo de la historia, y no parece improbable que la influencia que ejerce nuestro entorno material, económico, social, religioso, filosófico, intelectual, etc., sean características intrínsecas a nuestro modo de acceder a la realidad. Por ello, siendo conscientes de lo anterior, deberemos proceder con mucha precaución a la hora de interpretar y analizar la realidad. En este caso, la realidad del tiempo. Afortunadamente, cada vez

conocemos mejor cómo funciona nuestro cerebro, cómo percibimos y cómo conocemos, pudiendo usar este conocimiento para intentar evitar, en la medida de lo posible, parcialidades cognitivas a la hora de dilucidar la naturaleza del tiempo.

1.2. Teoría relacional y el cambio como fundamento.

Tal y como se ha afirmado en la sección anterior, las ideas filosóficas de Newton acerca del tiempo (y del espacio) tuvieron un gran impacto tanto en la comunidad científica como en la filosófica, y con el tiempo, fueron incorporadas al ideario colectivo de la sociedad. En gran medida, esto fue debido al gran éxito científico que supuso la mecánica newtoniana, la cual tenía como supuestos el espacio y tiempo sustantivos y absolutos. Sin embargo, tal y como se verá en este apartado, a pesar de esta amplia aceptación, desde el inicio grandes científicos y filósofos se opusieron a la idea newtoniana de espacio y tiempo sustantivos, dando lugar a la conocida disputa entre las concepciones sustantiva y relacional del espacio y el tiempo. Así pues, trataré de mostrar que la concepción sustantiva del espacio y el tiempo no está exenta de problemas, tal y como hace patente el inicio de la discusión entre los defensores de la teoría sustantiva y los que sostienen la teoría relacional, que se alarga desde el siglo XVII hasta nuestros días. Del mismo modo, trataré de argumentar la postura que a mi juicio sea más satisfactoria en este debate.

También es necesario resaltar que a pesar de que la tesis trata sobre el tiempo, en este apartado será necesario considerar la disputa sobre el espacio, ya que la teoría física más reciente une los conceptos de espacio y tiempo en uno, el espacio-tiempo. Por ello, llegado el momento, se discutirá la interpretación de la naturaleza del espacio-tiempo de la relatividad general.

1.2.1. Newton: la concepción sustantiva del espacio y el tiempo.

Comenzaremos por el inicio de la disputa, la posición sustantiva y absoluta del espacio y el tiempo defendida por Isaac Newton. El propio Newton, define de este modo ambos conceptos en el *Escolio* de los *Principia*:

I. El tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí y por su propia naturaleza sin relación a nada externo fluye uniformemente, y se dice con otro nombre duración. El tiempo relativo, aparente y vulgar es

alguna medida sensible y exterior (precisa o desigual) de la duración mediante el movimiento, usada por el vulgo en lugar del verdadero tiempo; hora, día, mes y año son medidas semejantes.

II. El espacio absoluto, tomado en su naturaleza, sin relación a nada externo, permanece siempre similar e inmóvil. El espacio relativo es alguna dimensión o medida móvil del anterior, que nuestros sentidos determinan por su posición con respecto a los cuerpos, y que el vulgo confunde con el espacio inmóvil, de esa índole es la dimensión de un espacio subterráneo, aéreo o celeste, determinada por su posición con respecto a la Tierra. El espacio absoluto y el relativo son idénticos en aspecto y magnitud, pero no siempre permanecen numéricamente idénticos; por ejemplo, si la Tierra mueve un espacio de nuestro aire, que relativamente y con respecto a la Tierra permanece siempre idéntico, el aire pasará en cierto momento por una parte del espacio absoluto y en otro momento por otra, con lo cual cambiará continuamente en términos absolutos (Newton, 1687: 32-33).

Con estas definiciones, lo que Newton afirma es que a la hora de establecer la posición de un objeto, de decidir si este se encuentra en estado de reposo o en movimiento, si se desplaza a velocidad constante o acelerada, no se deberá tener en cuenta la relación que dicho objeto guarda con el resto de objetos del universo. Por el contrario, para determinar dichas magnitudes físicas se considera que existe un marco de referencia privilegiado, el espacio absoluto (de geometría euclídea); espacio que es un tipo de sustancia que no es afectado por nada, que permanece inmutable y no puede ser percibido directamente por los sentidos. De este modo, un objeto estará en movimiento únicamente si lo está en relación al espacio absoluto. Del mismo modo, un objeto estará en reposo únicamente si lo está respecto del espacio absoluto.

Por otro lado, cuando Newton afirma la existencia del tiempo absoluto, supone cuanto menos una estructura temporal que a diferencia de las mediciones imperfectas hechas con relojes, establece a la perfección el tiempo transcurrido entre dos eventos s_1 y s_2 . De este modo, el tiempo absoluto es una medida independiente del observador y de los cambios, por lo que

constituye el criterio que establece la duración y la simultaneidad entre eventos. Newton sostiene que el tiempo fluye uniformemente, por lo que no resultaría extraño considerar esta afirmación como una muestra de que se está hablando de un tiempo sustantivo.

No resulta difícil comprender la conveniencia teórica de los conceptos absolutos de espacio y tiempo, dado que esto facilita enormemente la forma de las leyes. Y es que, es más fácil controlar, describir y elaborar leyes del comportamiento de sistemas homogéneos y estáticos, que de sistemas complejos, heterogéneos y que se relacionan unos con otros, creando así sistemas de interacciones muy difíciles de controlar en su complejidad. Newton es consciente de esta dificultad y por eso, en *De Gravitatione*, critica la física desarrollada por Descartes (1644). Ocurre, que la física cartesiana parte de una concepción del espacio relacional, según la cual, la posición que ocupa un objeto no es otra cosa que una relación con otros objetos a su alrededor. Así, la posición se define por las distancias que los objetos mantienen los unos respecto de los otros, adoptando de este modo una teoría incompatible con el espacio absoluto newtoniano. Lo mismo ocurre con la noción de movimiento, el cual es definido exclusivamente a través de la relación de los objetos entre sí. Es decir, la velocidad de un objeto dependerá del ritmo en el que cambie su posición relativa a otros objetos.

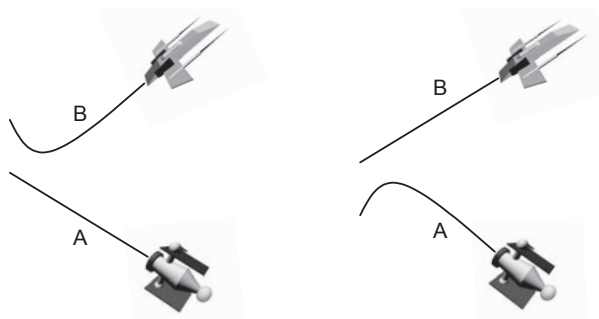


Figura 1.1: Si los hechos acerca del movimiento únicamente dependen de la distancia entre los objetos en tiempos diferentes, la distinción entre trayectorias rectilíneas y las curvas se convierte en una cuestión de perspectiva (Dainton, 2010: 200).

Uno de los principales problemas que Newton cree detectar en la posición de Descartes es la incompatibilidad de la ley de la inercia con una concepción relacional del movimiento. La ley de la inercia afirma que un cuerpo continuará su movimiento constante y rectilíneo a no ser que se vea afectado por alguna fuerza, por lo que aquellos movimientos que no sean rectilíneos estarán afectados por alguna fuerza. Es necesario señalar, que la existencia de fuerzas no es una cuestión relativa, sino objetiva, que establece una diferencia entre el movimiento rectilíneo y el curvo. Sin embargo, como Descartes afirma, si todo movimiento fuese relativo se perdería la posibilidad de discernir entre ambos, dado que podemos elegir nuestro marco de referencia; lo cual implica que cada objeto puede tener diferentes trayectorias relativas sin que ninguna de ellas sea la real. Así, por ejemplo (ver figura 1.1), si solo tenemos en cuenta los movimientos relativos, al considerar el movimiento de un objeto A teniendo como marco de referencia otro objeto B, nos podría parecer que A tiene una trayectoria curva. Sin embargo, esto cambiaría si tomásemos como punto de referencia el objeto A en vez del B; en este caso, el objeto que tendría una trayectoria curva sería el objeto B. Dado que el tipo de movimiento cambia con la perspectiva que adoptamos, deberíamos concluir, por lo tanto, que las fuerzas que actúan sobre los objetos también varían con el cambio de perspectiva, lo cual resulta inaceptable. El que una fuerza incida en un objeto u otro, no puede depender del punto de vista desde el que se la mira, sino de un hecho objetivo.

Además, Newton critica que si el lugar que ocupa un objeto no es más que la posición que posee en relación al resto de objetos, en el futuro, cuando la configuración de las cosas haya cambiado, será imposible determinar cuál era la posición anterior del objeto. Esto es así, porque las relaciones entre los objetos que determinaban ese lugar han cambiado, por lo que dicho lugar ya no existiría. Esto, a su vez tendría consecuencias a la hora de establecer la velocidad de un objeto, tal y como Newton argumenta en *De Gravitatione*:

Now as it is impossible to pick out the place in which a motion began (that is, the beginning of the space passed over), for this place no longer exists after the motion is completed, so the space passed over,

having no beginning, can have no length; and hence, since velocity depends upon the distance passed over in a given time, it follows that the moving body can have no velocity, just as I wished to prove at first. Moreover, what was said of the beginning of the space passed over should be applied to all intermediate points too; and thus as the space has no beginning nor intermediate parts it follows that there was no space passed over and thus no determinate motion, which was my second point. It follows indubitably that Cartesian motion is not motion, for it has no velocity, no definition, and there is no space or distance traversed by it. So it is necessary that the definition of places, and hence of local motion, be referred to some motionless thing such as extension alone or space in so far as it is seen to be truly distinct from bodies (Huggett, 1999: 109-110).

Sin embargo, Newton es consciente de las dificultades epistemológicas que la inclusión de los conceptos de espacio y tiempo absolutos y sustantivos conlleva. Como ya se ha dicho, ni el espacio ni el tiempo son perceptibles directamente por los sentidos, por lo que es necesario justificar la inclusión de estos en una teoría científica. Así, en el caso del tiempo, argumenta que en la práctica no existe otro modo de percibir y medir el tiempo que a través de la medida de ciertos movimientos o cambios. El problema procede precisamente de ese hecho y es que, tal y como Newton reconoce, “es posible que no exista un movimiento uniforme con el que medir exactamente el tiempo” (Newton, 1687: 34). Resulta, que aquello que usamos como medida del tiempo nunca podrá ser considerado como una medida perfecta, ya que siempre se verá afectado por la influencia del entorno. Así, encontramos que los días no son iguales debido a la inclinación del eje de rotación de la tierra; también hay que tener en cuenta el rozamiento que provocan las mareas y las turbulencias de la atmósfera, así como las perturbaciones que puedan originar los campos gravitatorios de los cuerpos circundantes. Pero esto mismo ocurre con cualquier otro sistema que elijamos como medida, ya que todos se encuentran bajo la influencia de varios factores.

Según Newton, los científicos deberán corregir las desviaciones de estos relojes imperfectos llegando así al tiempo matemático, o al menos acercándose a él (Newton, 1687: 34). ¿Pero en qué consiste esta corrección? Probablemente, lo único que se pueda hacer para acercarse al tiempo newtoniano es intentar aislar, en la medida de lo posible, un sistema de medida temporal de aquellos factores que podrían perturbar su evolución, o tratar de cuantificar los efectos de dichas perturbaciones e intentar predecir teóricamente el comportamiento de dicho sistema después de restarle la influencia que dichas fuerzas ejercen sobre él. Es necesario considerar, que se está asumiendo que un sistema perfectamente aislado de otros sistemas coincidiría en su evolución con el tiempo absoluto, pero no tenemos modo alguno de comprobar que esto sea así ya que no lo podemos percibir y el único modo de verificar dicha coincidencia es mediante la comparación de la evolución de un sistema determinado respecto del tiempo absoluto; cosa imposible de realizar. En cambio, tal y como se verá, Newton justificará su opción a través de la fundamentación del movimiento absoluto.

Efectivamente, si Newton consigue fundamentar el movimiento absoluto en la existencia del espacio, sería razonable pensar, al menos desde un punto de vista matemático, en una medida igualmente absoluta de tiempo. Y es que, sin dicha medida absoluta del tiempo, sería inútil considerar que el movimiento es absoluto, ya que la regularidad del propio movimiento depende de la regularidad del tiempo. Así pues, si se logra fundamentar el movimiento absoluto, también parecería razonable considerar justificada una dimensión temporal absoluta.

Sin embargo, en la justificación del movimiento absoluto (movimiento relativo al espacio absoluto) Newton debe a su vez, probar la existencia del espacio absoluto. Al igual que en la justificación del tiempo absoluto, resulta que el espacio absoluto no es directamente observable por lo que es imposible conocer el lugar que los objetos ocupan respecto a este. Pero en la práctica, a la hora de establecer la posición de los objetos no hay más remedio que recurrir a medidas relativas entre el objeto a determinar y uno o varios marcos de referencia de nuestra elección. Pero, según Newton, no es posible

saber el estado absoluto de movimiento que los cuerpos poseen dado que el único dato con el que contamos es el del movimiento relativo que poseen unos respecto de los otros. Newton afirma, que podría darse el caso de que algún objeto lejano pudiera estar en reposo sin que pudiéramos saberlo, porque no tendríamos modo de identificarlo ya que tendríamos que medirlo de un modo relativo con objetos que no sabemos si están o no en reposo absoluto. Por lo que el movimiento o el reposo absolutos no pueden ser determinados por mediciones relacionales. De este modo, se podría decir que los objetos parecen estar en reposo o movimiento, pero dicho estado no es suficiente con que sea aparente, sino que debe ser real (Newton, 1687: 35).

Pero Newton afirma que hay un modo en el que se puede percibir, mediatamente, el espacio. El autor, considera haber encontrado dicha manifestación en la fuerza centrífuga:

Los efectos que distinguen el movimiento absoluto del relativo son las fuerzas de alejamiento del eje del movimiento circular. No existen tales fuerzas en un movimiento circular puramente relativo, pero en un movimiento circular verdadero y absoluto son mayores o menores según la cantidad de movimiento (Newton, 1687: 37).

Para mostrar que la fuerza centrífuga es consecuencia del movimiento circular respecto al propio espacio, Newton propone dos célebres experimentos. Uno de ellos es el experimento mental de los globos. En él, Newton (1687: 39) imagina dos globos en un universo carente de materia unidos por una cuerda. Si los hacemos girar alrededor de su centro común de gravedad, Newton afirma que estos se alejarían del centro causando tensión en la cuerda que los une. Cuanto más rápido giren los globos, mayor será la tensión que soportará la cuerda. Dado que el universo en el que discurre el experimento se encuentra vacío, no se puede atribuir la fuerza que soporta la cuerda al movimiento relativo a otros objetos materiales; solo cabe suponer que es debido al movimiento relativo al espacio. Esta tensión en el hilo podría servir para cuantificar la cantidad de movimiento circular, a mayor tensión mayor movimiento, y en caso de deceleración la tensión disminuiría.

Este experimento es el que menos fuerza argumentativa tiene, en primer lugar, por su carácter incontrastable y en segundo lugar, porque en él se da por supuesto aquello que se quiere probar. Efectivamente, este experimento mental es irrealizable, ya que para comprobar que en un universo vacío unos globos unidos por una cuerda que giran en torno a su centro de gravedad común experimentarían fuerzas centrífugas, deberíamos vaciar el universo de materia o tener acceso a un universo vacío, si es que algo semejante tiene sentido. Pero tal y como Mach (1912: 193) señaló, el experimento como argumento es débil dado que el mundo nos es dado una sola vez y no podemos vaciar el universo de materia, por lo que, y esto enlaza con la segunda cuestión, no tenemos modo de saber cómo se comportarían los globos en un entorno semejante. El único modo de deducir que los globos sufrirían fuerzas centrífugas, es el de asumir que el espacio absoluto es una realidad y que las fuerzas inerciales son consecuencia de la aceleración de los objetos en relación al espacio. Así pues, parece que Newton está asumiendo lo que quiere probar, sin aportar alguna razón que nos impida deducir que los globos en un contexto como ese no soportarían fuerza alguna.

El segundo argumento de Newton (1687: 37-38) es el experimento del cubo, el que mayor peso aporta a su postura. Con este experimento, trata de probar que la fuerza centrífuga es una manifestación del movimiento de los cuerpos respecto del espacio y que la teoría relacional falla a la hora de explicar este fenómeno. Ha sido el que más dificultades ha planteado a los defensores de la concepción relacional a la hora de refutar la teoría sustantiva del espacio, por lo que buena parte del debate se centró precisamente en rebatir este argumento o en ofrecer una alternativa compatible con la concepción relacional.

El experimento consiste en colgar de una cuerda un cubo lleno de agua, girándolo de manera que la cuerda se vaya enroscando hasta que quede rígida. En ese momento se deja libre el cubo y este comenzará a rotar sobre sí mismo. Al principio, el cubo gira, pero todavía no ha transmitido el movimiento de rotación al agua y la superficie de esta permanece plana. En un segundo momento, cuando el cubo comienza a transmitir su movimiento

de rotación al agua, se puede observar cómo esta comienza a subir por las paredes del cubo y a mostrar una superficie cóncava. Finalmente, el agua y el cubo giran sincronamente, este es justamente el momento en el que la superficie del agua muestra la mayor concavidad. Analizando la situación, Newton afirma que, al contrario de lo que cabría esperar si la concepción relacional del espacio fuese correcta, en el momento en el que existe mayor movimiento relativo entre el agua y el cubo la fuerza centrífuga no se manifiesta. Esta, sin embargo, comienza a mostrarse cuando el agua comienza a girar junto con el cubo, llegando a su máximo cuando ambos movimientos se igualan y por lo tanto no hay movimiento relativo entre ambos. De este modo, Newton deduce que este efecto en el agua es únicamente explicable a través del espacio absoluto. Si al inicio del experimento el agua no mostraba ninguna deformación es porque estaba en reposo respecto del espacio. Del mismo modo, si al final del experimento es cuando el agua muestra el efecto de la fuerza centrífuga, es porque se encuentra en movimiento circular absoluto respecto del espacio. Así, Newton trata de mostrar que el movimiento relativo entre los diferentes objetos no puede explicar la fuerza centrífuga (ni las inerciales en general) y que no debe ser confundido con el movimiento verdadero, aquel que se da entre un objeto y el espacio. El movimiento relacional, para Newton, no es otra cosa que apariencia.

1.2.2. La concepción relacional del espacio y el tiempo.

A diferencia de la concepción sustantiva del espacio y el tiempo, que tiene en el *Escolio* de Newton su texto fundacional, la concepción relacional es más difícil de concretar por la falta de un referente sistemático similar. En ocasiones se ha considerado que la correspondencia entre Leibniz y Clarke podría cumplir dicha función, sin embargo, dichos textos están lejos de exponer una teoría relacional sistemática. Además, existen diferencias en algunos aspectos entre los diferentes defensores de la concepción relacional, por lo que es complicado establecer fehacientemente la doctrina relacional.

Sin embargo, podemos afirmar que en general comparten la visión de que los eventos o los cambios son más fundamentales que los momentos, esto es,

que el tiempo no es otra cosa que relaciones temporales entre eventos u objetos. De un modo similar, el espacio está constituido por las relaciones o la posibilidad de establecer relaciones entre cuerpos coexistentes. De este modo, todo movimiento es movimiento relativo entre los cuerpos y no respecto del espacio. Tanto el espacio, como el tiempo sustantivo no tienen justificación epistemológica, ni función en la realidad. Tanto es así que cuando se habla de la posición de un cuerpo en el espacio, si analizamos bien la situación, lo que se hace es establecer una relación espacial entre diferentes cuerpos. Lo mismo ocurre cuando hablamos de la ubicación temporal de un evento, en realidad se está estableciendo una relación entre eventos anteriores, posteriores o simultáneos.

En este punto, es necesario precisar que la diferencia entre la concepción newtoniana del movimiento y la relacional no estriba en que una esté basada en las relaciones espaciales entre objetos y la otra no. No, en ambas concepciones se define el movimiento de un modo relacional, la diferencia está en que mientras para el defensor de la teoría relacional el movimiento es una relación que los objetos tienen entre sí, para Newton el movimiento es una relación, sí, pero respecto de un marco de referencia privilegiado, el espacio absoluto. Asimismo, es importante no confundir la teoría relacional con la teoría de la relatividad. En la teoría relacional se intenta dar razón del espacio y del tiempo mediante relaciones espaciales y temporales, negando la existencia de un espacio, tiempo o espacio-tiempo sustantivos. Sin embargo, en el contexto de la teoría de la relatividad es habitual interpretar el espacio-tiempo de un modo sustantivo; contrario, por lo tanto, a las concepciones relacionales.

Leibniz, es uno de los defensores de la teoría relacional más influyentes en el debate contra las concepciones de espacio y tiempo newtonianas. De hecho, junto a Clarke, protagonizó una célebre discusión epistolar acerca de la naturaleza del espacio y el tiempo. Leibniz defendería la posición relacional, mientras que Clarke defendería la concepción sustantiva.

1.2.3. La crítica leibniziana.

Leibniz (Ariew, 2000), en su crítica utiliza principalmente tres estrategias: 1) el “principio de identidad de los indiscernibles”, 2) el “principio de razón suficiente” y 3) la estrategia epistémica o verificacionista, que comparte con la mayoría de los autores que defienden la concepción relacional como Huygens (1944), Berkeley (1721), Kant (1786) y Mach (1912) entre otros.

El “principio de identidad de los indiscernibles” de Leibniz viene a afirmar que supuestos dos mundos posibles A y B, los cuales son idénticos en todas sus propiedades cualitativas y cuantitativas, son en realidad el mismo mundo. Teniendo en cuenta este principio y suponiendo la existencia del espacio sustantivo, Leibniz considera dos mundos posibles: 1) el conjunto del universo actual y 2) un universo idéntico al actual solo que desplazado dos metros sobre el plano en el que el este se encontraría. Si tenemos en cuenta que el espacio sustantivo es perfectamente homogéneo resulta que de este cambio de posición no resulta diferencia ninguna. Por lo que, si aceptamos el principio de razón suficiente, deberemos aceptar que ambos mundos son en realidad el mismo mundo.

De nuevo, supongamos dos mundos posibles: 1) un universo que, como conjunto, está en reposo respecto del espacio y 2) un universo igual al primero en todo, salvo en que se desplaza a una velocidad constante v en dirección y . Una vez más, en caso de existir el espacio sustantivo esta diferencia sería posible. Sin embargo, nos encontramos con que ambos mundos posibles de nuevo son idénticos, ya que dicho desplazamiento a través del espacio no tendría efecto alguno sobre el universo.

El caso es similar al aplicar este principio al tiempo. Así, podemos imaginar dos mundos posibles: 1) el mundo actual y 2) un mundo idéntico al actual salvo en que se inició digamos que con 100 mil años de anticipación. Otra vez, tal y como Leibniz muestra, encontramos que estos dos mundos son indiscernibles el uno del otro, ya que el orden temporal de las cosas permanece inalterado y ese orden es el único indicativo temporal perceptible que poseemos:

But then the same argument proves that instants, considered without the things, are nothing at all and that they consist only in the successive order of things; this order remaining the same, one of the two states, namely, that of a supposed anticipation, would not at all differ, nor could be discerned from the other which now is (Ariew, 2000: 15).

Así pues, dado el fallo a la hora de establecer diferencias entre mundos posibles únicamente por sus diferentes relaciones respecto del espacio y el tiempo newtonianos, Leibniz concluye que el espacio y el tiempo por sí solos no son nada; ya que estas diferentes relaciones no aportan ninguna especificidad observacional que nos permita discernir entre los diferentes mundos posibles que se han planteado.

Sin embargo, se puede apreciar que este argumento se apoya sobre la imposibilidad de establecer diferencias observables entre los diferentes mundos. Esto es, el argumento depende de la estrategia epistemológica que expondremos más adelante, en la que existir es la posibilidad de ser percibido. Así, si no es posible percibir diferencias entre dos mundos posibles, eso significa que las diferencias no existen y si estas no existen, entonces ambos mundos posibles son uno y el mismo. Por lo que el argumento depende de la aceptación del principio verificacionista que sostiene Leibniz. Sin dicho principio, el argumento pierde su fuerza ya que podríamos aceptar como diferencias (a pesar de no ser perceptibles) de ambos mundos posibles su posición espacial y temporal.

El segundo argumento que utiliza Leibniz, es el del “principio de razón suficiente”. Este principio consiste en que, suponiendo que exista una teoría que nos permita distinguir entre dos estados A y B del mundo, pero resulte imposible descubrir una razón causal de la ocurrencia de A en vez de B y viceversa, entonces, dicha teoría debe ser rechazada. Así es cómo Leibniz aplica este principio al tiempo sustantivo:

Supposing anyone should ask why God did not create everything a year sooner, and the same person should infer from this that God has

done something concerning which it is not possible that there should be a reason why he did it so and not otherwise; the answer is that his inference would be right, if time was anything distinct from things existing in time. For it would be impossible that there should be any reason why things should be applied to such particular instants rather than to others, their succession continuing the same (Ariew, 2000: 15).

Filosóficamente hablando, el modo teológico en el que se expresa Leibniz no parece muy plausible, bastaría con no compartir sus creencias religiosas sobre la creación o carecer por completo de creencias religiosas para que el argumento cayese por completo. Sin embargo, tal y como Forbes (1993: 81) muestra, el argumento puede reformularse prescindiendo de los términos teológicos, entendiéndolo como una condición de adecuación del *explanandum* en la ciencia. De acuerdo con esta condición, cualquier hecho puede ser explicado diferencialmente respecto de cada uno de sus parámetros. Así, si un evento tiene lugar en el tiempo, debemos ser capaces de explicar por qué se da en ese momento determinado y no en otro. No obstante, dada la homogeneidad del tiempo sustantivo de Newton no se puede dar dicha explicación, ya que una vez más, los eventos siguen poseyendo la misma secuencia y separación entre ellos, por lo que no habría ninguna diferencia observable para poder hacer el juicio.

La situación es prácticamente la misma aplicando el principio al espacio sustantivo. Supongamos que el espacio sustantivo existe. Esto significaría que el universo en su conjunto tiene una posición específica en él. Sin embargo, cuando Dios creó el mundo, no habría tenido criterio alguno para situarlo en un lugar o en otro, ya que, al ser el espacio homogéneo, no habría diferencia. Así pues, Leibniz concluye que el espacio no puede existir como una sustancia independiente de los cuerpos físicos.

Retirando el contenido teológico, la cuestión sería encontrar una razón causal para la posición del universo en su conjunto. ¿Por qué el universo ocupa ese preciso lugar en el espacio sustantivo? Una vez más, dada la homogeneidad

del espacio y su imperceptibilidad, dicha razón causal parecería imposible de encontrar. Sin embargo, Sklar afirma que es posible cuestionar esta posición:

What is wrong with this answer: Because yesterday it was, as a whole, in this position and no forces arose to move it. So there is a sufficient reason for the present place of the material world in substantial space—its previous position and the forces that have acted in the meantime (Sklar, 1974: 180).

La respuesta de Sklar parece dar razón del estado de las cosas actual desde un momento temporal anterior, sin embargo, falla a la hora de dar una respuesta definitiva. Efectivamente, podemos responder que la situación actual del mundo en el espacio se debe a que ayer se encontraba en el mismo lugar y al no verse afectada por otras fuerzas sigue estando en ese mismo lugar. Pero, la cuestión es, ¿cómo llegó a esa región del espacio en primer lugar? Tendríamos que ser capaces de justificar la creación del universo en el espacio que ocupa, pero al no tener referencia alguna de cuál es dicho lugar y no haber diferencias con otras regiones del espacio, parece razonable pensar que no es posible dar tal respuesta. Por otro lado, no somos capaces de decir si la posición del universo entero ha cambiado, ni tan siquiera podemos saber si se encuentra en reposo o en movimiento respecto del supuesto espacio, por lo que la objeción que Sklar pone al argumento de Leibniz no parece muy plausible. Para justificar el estado actual de las cosas, necesitamos conocer el estado anterior, cosa que no parece posible en cuanto a la posición espacial del universo se refiere, debido a la falta de referencias.

La última de las estrategias es la verificacionista. En ella, Leibniz critica la afirmación que Clarke realiza para defender la postura newtoniana (vale la pena recordar que Clarke era discípulo de Newton y que se considera que este estuvo involucrado en las respuestas a Leibniz). Clarke afirma que se podría dar el caso de que el universo material en su conjunto se desplazara en relación al espacio. Sin embargo, Leibniz niega que tal movimiento sea posible, ya que este no produciría ningún tipo de cambio observable:

I answer that motion does not indeed depend on being observed, but it does depend on being able to be observed. There is no motion when there is no change that can be observed. And when there is no change that can be observed, there is no change at all. The contrary opinion is grounded on the supposition of a real absolute space [...] (Ariew, 2000: 49).

Efectivamente, afirmar la existencia de una entidad supone, en principio, la posibilidad de su percepción, ya sea directa o indirectamente. Esto es, decir que algo existe implica tiene la capacidad de interactuar con al menos algún otro sistema, de lo contrario sería imposible su detección ya sea mediata o inmediatamente. ¿Cómo podemos hablar con un mínimo de sentido de algo que no puede interactuar con nada? Resulta claro que algo que no tiene la capacidad de interactuar, es inobservable y por lo tanto incognoscible, por lo que no tendría sentido alguno incluirlo en una teoría científica e interpretarlo como parte constituyente de la realidad. Por otro lado, cabría la posibilidad de interpretar el espacio y el tiempo como instrumentos matemáticos, no constituyentes de la realidad, que nos ayudan a dar estructura y orden al mundo de una manera que sea más simple conocerlo; pero lo que se debate aquí no es su papel en la teoría sino su estatus ontológico.

Para Leibniz, esta es la situación respecto del espacio y tiempo newtonianos. Estos no tienen características observables y resulta que el único modo que tenemos de determinar observacionalmente las propiedades espaciales es a través de las relaciones espaciales entre los objetos, sus velocidades relativas, posiciones relativas, etc. Como no podemos percibir el espacio, no podemos determinar las relaciones espaciales de los objetos con él, por lo que no queda más opción que proceder de un modo relacional en la práctica científica. Lo mismo ocurre con el tiempo. Dado que el tiempo absoluto no es perceptible, resulta imposible determinar qué posición ocupan los eventos y las relaciones que establecen con él. Por ello, de nuevo, no hay más opción que medir y concebir el tiempo de un modo relacional, calculándolo con relojes, que no son otra cosa que sistemas cambiantes que usamos para medir de un modo

relacional el cambio de otros sistemas y la separación que hay entre diferentes eventos.

Así pues, la cuestión es la siguiente: ¿es posible realizar enunciados cognoscitivamente significativos acerca de la posición de los objetos en el espacio sustantivo? Desde luego, desde un punto de vista verificacionista como el de Leibniz, la respuesta es no, por no ser observable. Por lo tanto, el espacio sustantivo es una mera abstracción.

1.2.4. Respuestas al experimento del cubo.

Puede parecer que el argumento verificacionista ignora el argumento más fuerte de Newton: que hay cierto tipo de movimiento relativo al espacio sustantivo que tiene consecuencias observacionales. Como ya hemos visto anteriormente, Newton considera que las fuerzas inerciales que se revelan con el movimiento circular son la muestra de que el espacio existe. Sin embargo, los críticos con la concepción newtoniana no ignoraban este argumento y lo cuestionaron. Leibniz por su parte, no niega que haya diferencia entre movimiento absoluto y relativo, solo que para él, el movimiento absoluto no es aquél relativo al espacio sustantivo, sino cuando la causa del movimiento está en el propio cuerpo y responde de este modo al experimento de Newton:

However, I grant there is a difference between an absolute true motion of a body and a mere relative change of its situation with respect to another body. For when the immediate cause of the change is in the body, that body is truly in motion, and then the situation of other bodies, with respect to it will be changed consequently, though the cause of that change is not in them. It is true that, exactly speaking, there is not any one body that is perfectly and entirely at rest, but we frame an abstract notion of rest by considering the thing mathematically (Ariew, 2000: 49).

Sin embargo, tal y como Dainton (2010: 189-190) apunta, esta idea, a primera vista, parece funcionar en algunos casos. Por ejemplo, si tenemos dos cohetes

en aceleración relativa, el que realmente está acelerando es el que tiene las turbinas en marcha. Sin embargo, hay otros tipos de aceleración que no se explican tan bien a través del criterio de Leibniz. Estas situaciones se dan cuando la razón de la aceleración no está en el cuerpo mismo, como en los casos de aceleración por la presencia del campo gravitatorio de un cuerpo masivo o por la influencia sobre el cuerpo de un campo electromagnético. Por otro lado, también hay aceleraciones que no son producidas por fuerzas externas. Ejemplo de ello son los objetos sólidos en rotación, que continúan girando a una velocidad angular constante sin necesidad de la aplicación de fuerzas externas, debido a que su movimiento es mantenido por la conservación del momento angular. Este es un principio básico de la física newtoniana, confirmado por movimientos como los de rotación de los planetas sobre su propio eje. Así pues, la respuesta que da Leibniz al experimento del cubo no parece suficiente.

Por su lado, Huygens (1929) responde al experimento de Newton realizando una crítica del movimiento circular como movimiento absoluto. Este, afirma que no es posible discernir la cantidad de movimiento absoluto que contiene cada una de las partes de un cuerpo en rotación y por lo tanto el movimiento circular no es diferente del rectilíneo, ambos son movimientos relativos dada

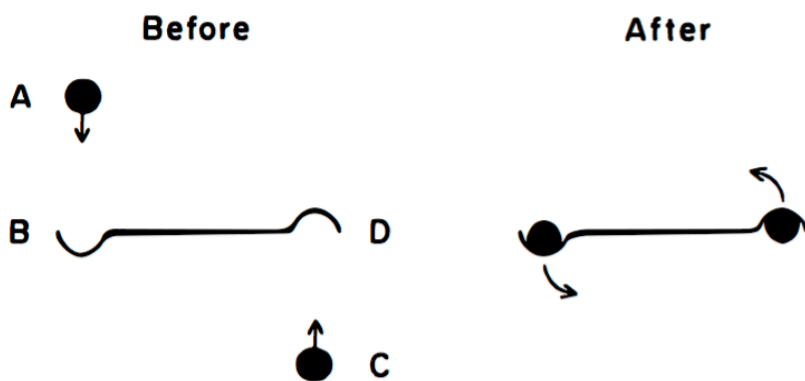


Figura 1.2: Experimento mental de Huygens (Earman, 1989: 69).

la imposibilidad de percibir el desplazamiento de los cuerpos respecto del espacio.

Para ilustrar su posición, Huygens presenta un experimento mental con el que mostrar que, si en el movimiento rectilíneo de un objeto no se puede establecer la cantidad de movimiento absoluto, lo mismo deberá ser considerado con el movimiento circular, ya que el rectilíneo puede ser transformado en circular (figura 1.2). Imaginemos dos cuerpos A y C que se desplazan en paralelo. El primero realiza el desplazamiento AB, mientras que el segundo realiza el trayecto paralelo CD en dirección opuesta. Desde una perspectiva sustantiva, es imposible establecer la cantidad de movimiento absoluto que cada uno de los objetos posee, únicamente podemos dar razón de este desde un punto de vista relacional. Ahora, imaginemos que situamos una barra rígida con un gancho en ambos extremos en los puntos B y D. Si ambos cuerpos llegan al mismo tiempo al punto B y D respectivamente y debido a que ambos cuerpos quedarán enganchados mediante esta barra, su movimiento rectilíneo se convertirá en movimiento circular. Resulta claro que de donde no había movimiento absoluto no podemos obtenerlo de este modo, por lo que Huygens afirma que el único movimiento que permanece es el relativo que se tenía previamente. Así, lo que antes ocurría en líneas paralelas, ahora ocurre en las partes opuestas de la circunferencia.

Así pues, Huygens intenta una explicación relacional del movimiento circular:

El movimiento circular es movimiento relativo a lo largo de líneas paralelas, en donde la dirección es continuamente alterada y la distancia se mantiene constante a través de un enlace. El movimiento circular de un cuerpo es el movimiento relativo de las partes, mientras que la distancia permanece constante debido al enlace (Huygens, 1944: 507).

Autores como Stein (1977) o Earman (1989) han reconocido el logro explicativo de Huygens por haber sido capaz de desarrollar una teoría fructífera que no se queda en la especulación filosófica y que trata de comprobar cómo sus conceptos se desenvuelven con la experiencia. Sin

embargo, Earman (1989: 10) también recalca la que es, a su juicio, la mayor deficiencia de este acercamiento; que no lleva consigo una teoría dinámica para poder rivalizar con la concepción de la física newtoniana.

Por su lado, Berkeley (1721) también critica la concepción sustantiva del espacio de Newton. Al igual que otros defensores de la teoría relacional, comparte la crítica verificacionista hecha por Leibniz y afirma que, dado que el espacio absoluto no tiene ninguna cualidad perceptible por sentido alguno, al no poder ser percibido tampoco puede ser imaginado, ya que el contenido de la imaginación está provisto por la percepción. Así pues, Berkeley concluye que el concepto de espacio no denota nada, es pura nada.

Berkeley (1721), responde al experimento mental de los globos propuesto por Newton, afirmando que en un universo vacío, salvo por los dos globos unidos por una cuerda y a los que se les aplica una fuerza de alguna manera, resulta imposible para la imaginación que dichos globos puedan generar movimiento circular. Sin embargo, afirma, que en el momento en el que se introduce una referencia, como las estrellas fijas, entonces y solo entonces se podrá concebir que los globos estén en movimiento.

Berkeley va un paso más allá y sostiene que podríamos utilizar las estrellas fijas como marco de referencia, haciendo la función que realiza el espacio absoluto de Newton:

...it would suffice to take the relative space enclosed by the fixed stars, regarded as at rest, instead of absolute space. Indeed motion and rest defined by such a relative space can conveniently be applied in place of the absolutes, which cannot be discerned by any mark (Berkeley, 1721: 102-103).

Por esta idea, Berkeley es considerado por algunos autores, Sklar (1974) entre ellos, como un precursor de Mach, tal y como tendremos oportunidad de ver a continuación. Berkeley, se percata de que las estrellas fijas pueden cumplir perfectamente el papel que Newton desea adjudicar al espacio absoluto. Entonces, ¿Por qué no utilizar las estrellas fijas como ese marco de referencia

privilegiado que podamos usar para diferenciar el movimiento absoluto del aparente? Es necesario aclarar, que en aquella época (*De Motu* se publicó en 1721) se creía que las estrellas fijas siempre mantenían las mismas relaciones espaciales entre ellas. Sin embargo, hoy día sabemos que las estrellas fijas en realidad son estrellas o galaxias muy lejanas que debido a las enormes distancias por las que estamos separados parecen inmóviles. Pero, las anteriormente llamadas estrellas fijas, se mueven, lo que supone un problema para construir una teoría genuina del movimiento, ya que no podríamos describir el movimiento de las propias estrellas (Barbour, 1982).

Berkeley también apunta una cuestión relevante y relacionada en cierto modo con la crítica verificacionista. Resulta que no podemos percibir ni el espacio ni el tiempo (tal y como reconoce el propio Newton), únicamente podemos percibir sus medidas sensibles, esto es, las características relacionales de los objetos. A pesar de ello, la mecánica newtoniana funciona:

The laws of motions and effects, and the theorems containing the calculations of the same for different figures of the paths, as well for accelerations and diverse directions, and for more or less resistant media, all these hold without the calculation of absolute motion. Just as it is plain from the fact that, according to the principles of those who introduce absolute motion, it cannot be known by any mark whether the entire frame of things is at rest or moved uniformly in a right line, it is evident that the absolute motion of no body can be known (Berkeley, 1721: 103).

Si la mecánica newtoniana, de facto, funciona con las medidas relacionales de espacio y de tiempo, dada la imposibilidad de percibir el espacio y tiempo absolutos, deberíamos atender al principio de parsimonia (navaja de Ockham) en la ciencia y llegar a la conclusión de que si poseemos dos teorías equivalentes salvo por la cantidad de conceptos teóricos o entes inobservables que poseen, es preferible aquella teoría más simple. En este caso, tenemos una teoría que postula el espacio y tiempo absolutos, pero que sorprendentemente, en la práctica, es imposible usarlos y la científica se ve en

la obligación de manejar la medida espacial y temporal en un modo relacional. Si bien, el principio de parsimonia no es un principio que necesariamente nos vaya a acercar a una teoría más fructífera, sí puede evitar la multiplicación de entes sin necesidad.

En la investigación científica debemos conocer el fundamento de aquello que afirmamos. Sin embargo, en muchas ocasiones, para poder afirmar o explicar algo necesitamos hacer uso de términos o conceptos teóricos presupuestos. La justificación de estos términos la hallamos en su función dentro de la teoría. Si la teoría resulta ser adecuada al ámbito que pretendemos explicar o predecir, entonces consideramos que dichos conceptos teóricos están justificados por su papel en la teoría. Pero, no debemos olvidar que esta justificación es indirecta y que en realidad dichos conceptos permanecen sin contrastar. Así pues, a pesar de que la vía de la parsimonia en los conceptos teóricos no nos acerque a la verdad, es deseable seguir dicho principio. Al menos, cuando tenemos dos teorías equivalentes, explicativa y predictivamente, o interpretaciones de una teoría que se diferencian únicamente por la cantidad de términos teóricos o la interpretación de los mismos (podemos interpretar los conceptos de espacio y tiempo a modo de sustancias, o de un modo relacional). Por lo tanto, una teoría con menos términos teóricos o con una interpretación no ontológica de los mismos, será una teoría con menor incertidumbre y mejor fundamentada.

Esta es precisamente, la situación a la que nos lleva la constatación realizada por Berkeley de que la mecánica newtoniana no necesita el tiempo y espacio sustantivos. De hecho, al ser imperceptibles, el proceder de las físicas es a través de las medidas relacionales que tenemos a nuestro alcance. Precisamente por estos motivos, el principio de parsimonia y el proceder en la actividad científica, parece razonable y deseable una concepción relacional del espacio y el tiempo. Especialmente, por su mayor economía conceptual y su mejor adecuación al modo en el que las científicas manejan dichos conceptos.

Ernst Mach (1912), es un autor fundamental en la historia del debate entre las concepciones sustantiva y relacional del espacio y el tiempo y, en general, en

la física del siglo XX (como se podrá ver en el siguiente apartado, influyó determinantemente en el trabajo de Einstein). En su respuesta al experimento de Newton, se percata de la enorme idealización que dicho experimento supone. Newton, toma como un argumento a su favor el hecho de que el momento en el que mayor movimiento relativo hay entre el agua y el cubo (cuando el cubo aun no ha transmitido su movimiento al agua), no se dan fuerzas centrífugas, mientras que sí se dan cuando no hay movimiento relativo entre el cubo y el agua (cuando el cubo ha transmitido el movimiento al agua y giran a la misma velocidad). Sin embargo, Mach se percata de que esta conclusión se debe fundamentalmente a haber simplificado en exceso los factores que influyen en el sistema:

Sin duda, es para nosotros una suerte si, de cuando en cuando, podemos distraer nuestra atención de la poderosa unidad para fijarla en algún caso individual. Pero no debemos por eso descuidar, de tratar de completar y corregir nuevamente lo que ha sido provisoriamente dejado de lado (Mach, 1912: 199).

Efectivamente, a través del experimento de Newton podemos concluir que el movimiento relativo entre el agua y el cubo no es el causante de las fuerzas inerciales, pero no que el causante de dichas fuerzas sea el movimiento respecto del espacio sustantivo. Newton en su analiticidad, pasa por alto que el agua también se encuentra en movimiento circular respecto de la tierra, así como de las estrellas fijas, por lo que no hay razón para suponer que dichas fuerzas no sean causadas precisamente por este movimiento relativo. Así pues, Mach, desde su posición empirista según la cual la ciencia únicamente debería tratar sobre las relaciones entre cosas y eventos observables, y considerando el hecho de que todos los efectos inerciales surgen cuando se acelera en relación a las estrellas, considera que los efectos inerciales que sufre el agua no se deben a su movimiento respecto al espacio absoluto, sino debido a su aceleración relativa a las estrellas fijas, o mejor dicho, debido a la aceleración relativa a la masa media del universo.

Al igual que la masa de los cuerpos genera fuerzas gravitatorias entre ellos dependiendo únicamente de la masa y la distancia, del mismo modo los cuerpos son capaces de generar fuerzas inerciales entre ellos. En cuanto a la magnitud y la dirección de la fuerza generada, dependerá de la aceleración relativa de los cuerpos materiales. En este esquema ya no queda lugar para entes inmatrimales como el espacio sustantivo. Para Mach, el movimiento es siempre relativo, considera que los efectos observacionales que produce el cubo de agua en rotación relativa a las estrellas, es indistinguible del producido por las estrellas en rotación respecto del cubo. Usando el principio de la Identidad de los Indiscernibles, afirma que no tiene sentido establecer diferencias entre ambas situaciones, observacionalmente ambos casos son idénticos, por lo que considera que son la misma cosa.

Sin embargo, la teoría de Mach se encuentra con ciertas dificultades, tal y como muestra Sklar (1974). En primer lugar, debe dar cuenta de unas fuerzas inerciales que actúan sobre todos los cuerpos; cuya magnitud y dirección depende de la aceleración relativa de los objetos; que depende de la masa de los cuerpos, de modo que el efecto de la enorme masa de los cuerpos lejanos pueda predominar sobre el efecto de las masas menores pero más cercanas de los cuerpos locales. De este modo, la masa de las estrellas y conjuntos de galaxias lejanas debe ser predominante en las fuerzas centrífugas que surgen en el experimento del cubo y debe influir de un modo mucho mayor que la masa de la tierra o del sol. El problema reside en que Mach no da cuenta del mecanismo por el cual actúan estas fuerzas, ni del por qué. Simplemente postula su existencia ya que las fuerzas que conocía, la gravedad y la electromagnética, no podrían ejercer dicha función debido a su corto alcance y a que dependen de la separación y de la velocidad relativa (no de la aceleración relativa). En una nota, Earman ha criticado la teoría de Mach de la siguiente manera: “Think about it for a moment. Would you seriously entertain the possibility that the reason you get seasick is due to your motion relative to the stars? Is this notion any more plausible than astrology?” (Earman 1989: 211).

Ciertamente, Mach no aporta una explicación concreta que de cuenta del mecanismo a través del cual surgen las fuerzas inerciales cuando un cuerpo acelera relativamente respecto de la masa media de los cuerpos cósmicos. Sin embargo, no parece justificado criticar a Mach por ese motivo y no criticar a Newton por lo mismo. Al fin y al cabo, este tampoco explica el mecanismo a través del cual el espacio absoluto genera las fuerzas inerciales sobre los cuerpos que aceleran; simplemente afirma que esto es así. Por otro lado, lo mismo ocurre con la teoría de la gravedad newtoniana, la cual afirma la existencia de una fuerza de atracción a distancia, que opera instantáneamente y que enlaza a todos los cuerpos del universo los unos con los otros. Pero, Newton no tiene una explicación de cómo es que los cuerpos generan dicha fuerza y cuál es el mecanismo que permite que funcione a distancia. A pesar de todo existe una diferencia fundamental entre la situación de Newton y la de Mach: mientras que el primero acompaña sus presupuestos de una teoría física completa que ha demostrado su adecuación empírica, Mach presenta una teoría especulativa o más bien un bosquejo de la misma. En una situación así, no cabe duda que la teoría de Mach no está en condiciones de rivalizar con la newtoniana.

Sin embargo, la teoría de Mach tiene una virtud importante. Se podría pensar que tanto la concepción newtoniana como la machiana son igualmente imposibles de contrastar empíricamente. Este parece ser el caso en lo que al espacio newtoniano concierne, ya que se trata de una sustancia imperceptible, salvo por su hipotético efecto sobre las fuerzas inerciales. Al ser imperceptible, resulta imposible realizar experimento alguno que garantice su veracidad. Por otro lado, su único apoyo, el de ser el causante de las fuerzas inerciales en los cuerpos en aceleración, tampoco es una prueba ya que estas fuerzas podrían tener un origen y explicaciones diferentes (como la aceleración relativa al centro de gravedad del universo). Por el contrario, Mach establece una relación entre las fuerzas inerciales y la aceleración relativa de una masa respecto a la del resto de los cuerpos; ello significa que al modificar las masas, podríamos modificar las fuerzas inerciales. De modo que, parece posible la realización de un test experimental que la apoye o la desacredite. Por ejemplo, se puede pensar en un experimento similar al del

cubo: imaginemos que situamos un cubo lleno de agua en medio de un laboratorio; el laboratorio tendría unos muros extremadamente gruesos y masivos (tanto como sea posible); según la teoría, si hacemos girar estos muros debería ser posible detectar cierto efecto en las fuerzas inerciales, por muy pequeño que sea. Al fin y al cabo, la masa de los muros del laboratorio es insignificante en relación a la masa del conjunto del universo, por lo que la predominancia sobre las fuerzas inerciales seguiría recayendo sobre este último conjunto.

Como se ha podido constatar, uno de los principios fundamentales que vertebran el debate, es que la ciencia debe estar basada en principios observables, directa o indirectamente. Por ello, Newton afirma que las fueras inerciales que sufren los cuerpos cuando se mueven circularmente son causados por el movimiento relativo de los cuerpos y el espacio sustantivo, intentando dar base observacional a sus axiomas acerca del espacio y el tiempo. Sin embargo, resulta complicado, tal y como se ha ido viendo con los diferentes defensores de la concepción relacional, atribuir inequívocamente los efectos inerciales a las aceleraciones relativas al espacio absoluto. En el caso del movimiento circular, Huygens (1686) atribuye dichas fuerzas a la constante desviación del objeto de su trayectoria rectilínea y donde la distancia permanece constante a través de un enlace; Berkeley (1721), considera que todo movimiento es relativo y que se podrían establecer por convención las estrellas como marco fijo y privilegiado; y tenemos el principio de Mach (1912), según el cual, las fuerzas inerciales son producidas en último término por la propia materia del universo. De este modo, podemos ver cómo el mismo fenómeno puede ser achacado a diferentes causas y en el caso de Newton, resultaría muy difícil si no imposible realizar un experimento que corroborase su concepción, ya que no podemos vaciar el universo para ver si las fuerzas inerciales son debidas a la interacción entre los objetos materiales y el espacio sustantivo.

Sklar (1974) por su parte, ha intentado dar otra solución al experimento del cubo. Considera, que tanto Leibniz y Berkeley como Mach, conceden a Newton que los efectos inerciales son consecuencia de una aceleración. Así,

los críticos de la concepción newtoniana, aceptan la suposición que realiza Newton de que la aceleración es una cualidad relacional del mundo. Para Newton la aceleración es relativa al espacio sustantivo. Mach, por el contrario, considera que lo es respecto al centro de gravedad del universo; no obstante, ambos creen que los efectos inerciales surgen como consecuencia de un cambio de velocidad respecto de un marco de referencia determinado (sea este el espacio sustantivo o el centro de gravedad del universo). Pero ambos pensadores violan el principio verificacionista, pues ninguno de ellos puede realizar un experimento que apoye su postura; Newton no puede vaciar el universo de materia para mostrar que las fuerzas inerciales seguirían presentes y Mach tampoco para mostrar la posición contraria.

Sin embargo, Sklar, considera que es posible elaborar una teoría relacional que cumpla con el criterio verificacionista más estricto. Para ello, es necesario dejar de tratar la aceleración como un fenómeno relacional. Hasta el momento, cuando se habla de aceleración ha sido necesario concretar en relación a qué se acelera. Por el contrario, Sklar propone que la aceleración absoluta sea considerada como una propiedad que algunos sistemas poseen:

There are varying systems, systems in motion with respect to one another. Some of these suffer inertial forces. Call these systems absolutely accelerated systems. But don't confuse 'is absolutely accelerated' with 'is accelerated.' Acceleration is a relation that one material object has relative to some other material object. Absolute acceleration is a property that a system has or does not have, *independently of the existence or state of anything else in the world* (Sklar, 1974: 230).

Sklar, lleva de este modo el empirismo de Mach un paso más allá. Según él, la observación no nos da razón alguna para buscar un motivo a las fuerzas inerciales, esta únicamente nos informa de que existen ciertos sistemas en movimiento relativo cuyas fuerzas inerciales varían y que sistemas en movimiento uniforme relativo experimentan fuerzas similares. Por ello es necesario admitir que dichas fuerzas existen y están ahí, pero no se ofrece

explicación sobre por qué algunos sistemas experimentan dichas fuerzas mientras que otros no. Simplemente, habrá sistemas que soportarán fuerzas inerciales y sistemas que no. Sklar, de este modo renuncia a dar una explicación de dichas fuerzas y las considera como características primitivas.

Si bien la propuesta de Sklar es capaz de ofrecer al defensor de la concepción relacional aquello que necesita para construir su teoría (más bien elimina aquello que la dificulta), también cuenta con ciertas dificultades. Parece que en la teoría de Sklar, a la hora de aportar predicciones cuantitativas, se utilizaría todo el aparato de la mecánica newtoniana y se reinterpretarían los resultados, traduciendo las trayectorias que los newtonianos conciben como aceleraciones absolutas en términos de la variación cuantitativa de las fuerzas inerciales. Por ello, tal y como Dainton (2010) y Earman (1989) han apuntado, resulta complicado comprender cómo esta propuesta podría sostenerse por sí misma y si es capaz de generar un aparato conceptual propio con el que sea posible formular las leyes del movimiento sin introducir ocultamente el espacio sustantivo.

La propuesta de Sklar no deja de ser una especulación sugerente, pero una especulación al fin y al cabo, por lo que no posee la capacidad de rivalizar con la concepción newtoniana. Una vez más, Newton tiene una ventaja sustancial, y es que sus conceptos de espacio y tiempo forman parte de una teoría física exitosa en su ámbito, mientras que los defensores de la concepción relacional, por sorprendente que parezca, no habrían sido capaces de construir una teoría relacional que pudiera rivalizar con la newtoniana. Así pues, a estos les falta una pieza fundamental si pretenden oponerse a las concepciones sustantivas de espacio y tiempo, y es la de aportar una teoría relacional completa que por lo menos pueda competir con la mecánica newtoniana.

La situación cambia con el proyecto de Barbour y Bertotti (1977, 1982) de construir una mecánica relacional al estilo de Mach. En esta teoría las propiedades espaciales son relacionales y las fuerzas inerciales son causadas por la masa de los objetos del universo considerados en conjunto. Asimismo, el tiempo es considerado de un modo relacional, esto es, el tiempo es la medida del paso de un estado del universo a otro. Se sigue, por lo tanto, con

la concepción leibniziana de que el tiempo es el orden sucesivo de las cosas. Desde este punto de partida, Barbour y Bertotti (1982) reconstruyen la física newtoniana, aportando por primera vez un sistema clásico de física que cumple con los requerimientos de la concepción relacional del espacio y el tiempo.

Dado que lo fundamental en una teoría científica es su adecuación con los hechos y su capacidad predictiva, a la hora de ofrecer una teoría clásica de tipo relacional (a pesar de que la nueva propuesta sea ontológicamente y teóricamente más simple), cabe preguntarse si la teoría es, cuanto menos, tan adecuada como la teoría estándar de Newton. A este respecto, Earman (1989) en su análisis de la teoría relacional de Barbour y Bertotti, afirma que con los ajustes adecuados esta teoría es capaz de mejorar la teoría newtoniana aportando datos correctos sobre el período orbital y del avance del perihelio de Mercurio. Pooley y Brown (2002), también realizan un análisis de la propuesta relacional. Estos afirman que es una teoría genuinamente relacional capaz de explicar los efectos inerciales y de tratar los conceptos de espacio y tiempo como características emergentes de la evolución dinámica de la configuración relativa del universo en su conjunto. Asimismo, Pooley y Brown basándose en los estudios de Belot (1999, 2000), afirman que las teorías como la de Barbour y Bertotti aportan un buen número de formulaciones elegantes y fuertes competidoras con la formulación estándar de la mecánica de Newton. Por ello, Pooley y Brown, sostienen que esta teoría relacional tiene, al menos en potencia, mayor capacidad predictiva y explicativa que la dinámica clásica.

Desde el inicio del debate, con la publicación de los Principia de Newton en 1687, no hubo ningún físico capaz de construir una mecánica relacional que pudiera rivalizar con la concepción sustantiva del espacio y el tiempo en la mecánica newtoniana. Este hecho resulta sorprendente teniendo en cuenta que científicos y filósofos de talla como Huygens (1929, 1944), Leibniz (Ariew, 2000), Berkeley (1721), Mach (1912) y Poincaré (1905), entre otros, se involucraron en la discusión sin ser capaces de aportar una alternativa a la concepción newtoniana de espacio y tiempo, dado que estos conceptos

estaban respaldados por el sistema físico que Newton construyó. La clave de la carencia está en que ninguno de los autores citados fue capaz de elaborar un sistema físico alternativo al newtoniano, por lo que sus críticas y propuestas se encuentran en clara desventaja.

Esta dificultad ha marcado tanto la discusión, que en ocasiones la disputa se ha desviado hacia la posibilidad o imposibilidad de construir sistemas relacionales. Algunos autores han defendido que era posible o que ya se había realizado (Suppes 1972; Bunge y Maynez 1976, Manders 1982), mientras que otros han defendido la posición contraria, la imposibilidad de construir dichos sistemas (Hooker 1971; Lacey y Anderson 1980). Sin embargo, el mérito del trabajo de Barbour y Bertotti (1977, 1982) ha sido el de dejar claro que un sistema físico relacional es posible dentro del marco de la mecánica clásica. De este modo, la ventaja que daba la sistematicidad a la interpretación sustantiva se desvanece. Si la teoría de Barbour y Bertotti, tal y como parece, está en pie de igualdad con la teoría newtoniana (incluso la mejora en ciertos aspectos), tendremos que basarnos en otros criterios para elegir la más adecuada de las dos.

Tal y como se ha avanzado previamente, el criterio de economía conceptual u ontológica es de gran importancia. De este modo, la teoría más simple conceptual u ontológicamente, sería la más deseable. Ya en el pasado, la simplicidad teórica ha inclinado la balanza de la elección del lado de la teoría más simple, tal y como ilustra el cambio del modelo geocéntrico por el heliocéntrico durante la revolución copernicana (Diéguez, 1994). En este caso, la teoría relacional es capaz de explicar lo mismo que la teoría sustantiva de Newton, pero usando menos conceptos teóricos, ya que prescinde del espacio y tiempo como entidades primitivas. Sin embargo, esta preferencia no es caprichosa. Si aceptamos los conceptos de espacio y tiempo como primitivos, estos nos serán útiles como herramientas para explicar otros fenómenos, pero no podremos explicarlos a ellos mismos. Sin embargo, en la teoría relacional, donde espacio y tiempo no son primitivos, sí podemos explicar qué son el espacio y el tiempo. Por lo que podemos decir, que una

teoría relacional no solo es más simple ontológica y conceptualmente, sino que además tiene un mayor potencial explicativo.

1.2.5. La teoría de la relatividad y la concepción relacional.

Hasta ahora he estado tratando la concepción relacional en el ámbito de la mecánica clásica, pero esta ya no es la teoría física predominante en la comunidad científica. En estos momentos la Teoría de la Relatividad General (TRG) es la teoría macroscópica hegemónica y tiene diferencias importantes respecto de la mecánica clásica. Por ello, es interesante considerar si se trata de una teoría de naturaleza relacional, tal y como sostuvieron tanto Einstein (1916) como Reichenbach (1978), o si por el contrario se trata de una teoría de carácter sustantivo, tal y como sugieren autores como Earman (1970, 1989), Stein (1970), o Arntzenius (2012) entre otros. También cabe la posibilidad de que las interpretaciones de la teoría no sean claras, por lo que sería interesante analizar las ventajas que dichas interpretaciones puedan aportar.

Tal y como se ha podido ver, mientras la mecánica clásica fue hegemónica, parecía haber un consenso general en cuanto a que el movimiento uniforme no produce efectos observacionales. Sin embargo, Michelson y Morley (1887) idearon un experimento con el que pretendían medir la velocidad absoluta de

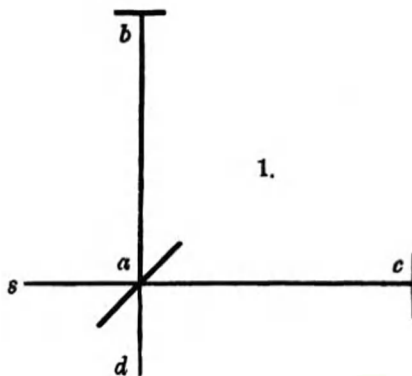


Figura 1.3: Experimento de Michelson y Morley (Michelson y Morley, 1887: 335).

la tierra respecto del éter (el medio de transmisión de la luz, del cual se pensaba que lo impregnaba todo), que se considera en reposo respecto del espacio. Por lo tanto, si se descubría la velocidad de la tierra respecto del éter también se conocería la velocidad de esta respecto del espacio (figura 1.3).

Resulta, que un observador en movimiento en un medio líquido o gaseoso no percibe la velocidad del sonido igual en todas las direcciones ya que puede estar acercándose o alejándose de la fuente, percibiendo la velocidad del sonido más rápida o más lenta respectivamente. Análogamente, se consideró que debería ocurrir lo mismo en el caso de la luz. Se pensaba que midiendo la velocidad de la luz en todas las direcciones a través del éter, deberían encontrarse diferentes velocidades, teniendo en cuenta la velocidad de traslación de la propia tierra. Para ello se emitiría un haz de luz de s hacia a , donde sería dividido en dos haces uno dirigido a b y el otro a c . En b y c el haz de luz será reflejado de vuelta a a , que los dirigirá al receptor d . Dado que las distancias ab y ac son iguales, si se alinea la trayectoria ac con el movimiento de traslación de la tierra, el haz de luz debería tardar más tiempo en recorrer $acad$ que $abad$, según la teoría ondulatoria. Sin embargo, cuando se realizaron los experimentos no pudieron constatar ninguna diferencia en los tiempos de recorrido de la luz.

Para poder explicar estos resultados nulos y poder adaptarlos dentro de la teoría del éter, se idearon una serie de teorías compensatorias. La más conocida es la teoría de la contracción de FitzGerald (1889) y Lorentz (1892). Según esta teoría, la longitud de los objetos materiales se vería afectada, acortándose en la dirección de su movimiento:

I would suggest that almost the only hypothesis that can reconcile this opposition is that the length of material bodies changes, according as they are moving through the ether or across it, by an amount depending on the square of the ratio of their velocity to that of light. We know that electric forces are affected by the motion of the electrified bodies relative to the ether, and it seems a not improbable supposition that the molecular forces are affected by the motion, and that the size of a body alters consequently (FitzGerald, 1889: 390).

Sin embargo, estas teorías compensatorias no consiguieron establecerse por su claro carácter *ad hoc*. Fue Einstein (1905) quien con la teoría de la relatividad especial dio con una solución sistemática al problema, que poco a poco iría estableciéndose en la comunidad científica. Einstein para desarrollar su teoría parte de dos postulados fundamentales:

1. El Principio de Relatividad, que exige que las leyes de la física deben ser válidas para todos los sistemas de referencia inerciales (con movimiento rectilíneo y uniforme), estén estos en movimiento relativo o no. De este modo, Einstein critica el intento, por parte de los que proponen teorías compensatorias, de establecer un marco de referencia privilegiado (el éter).
2. Lo anterior nos lleva a la conclusión de que la velocidad de la luz ha de ser una constante universal, dado que es una ley de la electrodinámica y todas las leyes deben ser iguales en todos los sistemas de referencia inerciales. Esto es, la velocidad de la luz es la misma para todo sistema de referencia inercial. Este principio, además, no sería más que la aceptación de lo hallado en los experimentos realizados por Michelson y Morley (1887).

Sin embargo, el que la velocidad de la luz sea igual para todos los sistemas inerciales parece ir en contra de la intuición. Tendemos a pensar que cuando dos objetos se mueven en sentidos opuestos y velocidad constante, sus velocidades se suman para dar la velocidad relativa de los sistemas en movimiento ($V_R = v_1 + v_2$). Cuando dos sistemas se mueven en el mismo sentido, ocurre lo contrario; para obtener su velocidad relativa se restan sus velocidades ($V_R = v_1 - v_2$). En el caso de la velocidad de la luz no ocurre así. Independientemente del sentido y velocidad que un sistema inercial pueda tener respecto de un rayo de luz, esta siempre será percibida a una velocidad constante. La ley de adición de velocidades ya no se puede aplicar como en la mecánica clásica. En este otro caso ocurre lo mismo: imaginemos que viajamos en un avión a una velocidad constante v_1 y que emitimos un rayo de luz en la dirección en la que se desplaza el avión a una velocidad c (velocidad de la luz en condiciones ideales de vacío). Imaginemos ahora, que un

observador en tierra es capaz de medir la velocidad del rayo emitido. Sorprendentemente, lejos de observar que las velocidades del avión y el rayo de luz se suman $v_1 + c$, tal y como lo hacen en la cinemática clásica, resulta que la velocidad de la luz sigue siendo de c , la misma que perciben los pasajeros del avión.

Dado que la velocidad es la distancia que un cuerpo recorre en un tiempo determinado, si queremos mantener la velocidad de la luz c constante para todo sistema de referencia, significa que la velocidad del observador afecta tanto a la medición espacial que este realiza, como a la temporal. Einstein se percató de que dos observadores en movimiento relativo, no coincidirían en las medidas tomadas de la duración y la distancia de un mismo evento. Esto es, perciben el espacio y el tiempo de modo diferente. Dos relojes igualmente precisos, cuando están en movimiento relativo realizan diferentes mediciones. La inconsistencia de la medición temporal no es debida a la imprecisión de los relojes, sino a que cuando movemos uno respecto del otro, las mediciones de estos no coinciden precisamente debido a que cuanto mayor velocidad relativa posea un reloj más se ralentizará su medición. Lo mismo ocurre con las mediciones espaciales. Al igual que en el caso de la medición temporal, no se trata de una cuestión de imprecisión, sino de que dos reglas cuando están en reposo relativo realizan mediciones consistentes, pero no coinciden cuando están en movimiento relativo, dado que se acortan en la dirección del movimiento. Estos efectos relativistas se acentúan cuanto mayor es la velocidad, hasta tal punto, que a la velocidad de la luz la longitud de una regla es 0 y los relojes no cambian en absoluto.

Debemos tener en cuenta, que debido a que la velocidad de un sistema es relativa a otro sistema de referencia, estos efectos relativistas son totalmente simétricos en ambos sistemas. Esto es, si S_1 se desplaza a una velocidad v en relación a S_2 , S_2 observará cómo S_1 se acorta en la dirección de su desplazamiento y que su reloj se ralentiza. Sin embargo, desde el punto de vista de S_1 ocurre exactamente lo mismo en S_2 , ya que la velocidad es relativa al marco de referencia. Para S_1 es S_2 quien se mueve y quien sufre los efectos relativistas de contracción espacial y dilatación temporal.

Einstein (1916), haciendo uso de las transformaciones de Lorentz, estableció la influencia que tiene la velocidad sobre la medida del espacio y el tiempo mediante las siguientes fórmulas.

- La relación entre la velocidad y la medida espacial de un objeto es:

$$L_1 = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Esta ecuación nos muestra la contracción que sufren los objetos en movimiento relativo. Así, L_1 será la longitud de un objeto que es medido por un observador en movimiento respecto a él, mientras que L_0 es la longitud propia del objeto, longitud medida por un observador en reposo respecto al objeto. En la ecuación se observa cómo cuanto más se acerque v a la velocidad de la luz c , la medida espacial L_1 será más pequeña, hasta llegar a 0 en el caso de que $v = c$.

- En el caso de la relación entre la medida del tiempo y la velocidad, es expresada con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

En este caso, la ecuación nos dice cuántas unidades de tiempo transcurren, según nuestro reloj en reposo, por cada unidad de tiempo que transcurre en el sistema en movimiento. Se observa, que cuanto

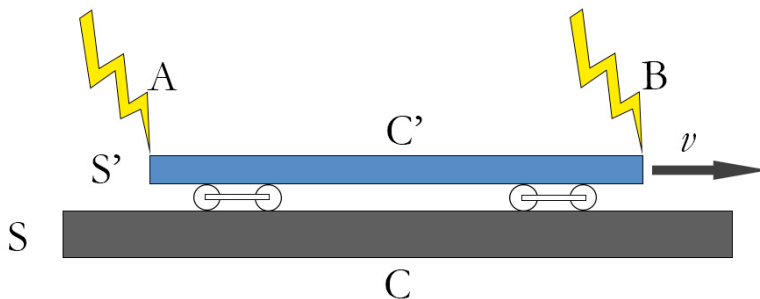


Figura 1.4: Tenemos el andén de una estación de tren (sistema de referencia S). Asimismo, tenemos un tren que viaja a velocidad v (sistema de referencia S'). En la mitad del tren tenemos un observador C' , al igual que en el andén tenemos otro observador C . Cuando C y C' coinciden en el mismo plano caen dos rayos simultáneamente, uno en cada extremo del tren. Para C serán simultáneos, pero no para C' .

mayor sea v más lento transcurrirá el tiempo en el sistema en movimiento, llegando a pararse en caso de alcanzar la velocidad de la luz.

- Einstein (1916: 39), considera la velocidad de la luz un límite inalcanzable. Si los sistemas pudiesen rebasarla, según estas ecuaciones, se darían situaciones en las que se observaría que algunos objetos podrían tener dimensiones espaciales negativas y que retrocederían en el tiempo.

Además, Einstein, critica la noción de simultaneidad clásica. Hasta ese momento se creía que cuando dos sucesos eran simultáneos para un observador, estos serían considerados simultáneos por cualquier otro observador. Sin embargo, en la relatividad especial, generalmente, dos relojes que están sincronizados en un sistema de referencia, no suelen estarlo en otro sistema que se mueva respecto a este. Lo cual nos lleva a que, dos sucesos que en un sistema de referencia son considerados simultáneos, generalmente no lo son en otro sistema que esté en movimiento respecto a dicho sistema. Veamos la relatividad de la simultaneidad a través del ejemplo que Einstein (1916) usa:

Supongamos que tenemos dos sistemas S y S' (figura 1.4) en movimiento relativo. El sistema S , es el andén de una estación de tren, que usaremos como cuerpo de referencia estático y el sistema S' , un tren que se mueve con una velocidad relativa v respecto de S , en la dirección que vemos en la figura 1.4. En el andén tenemos un observador C , en reposo respecto de S . Asimismo, en la mitad del tren tendremos otro observador C' (en movimiento a velocidad v). Cuando C y C' coinciden en el mismo plano caen dos rayos (sucesos A y B) en cada extremo del tren. Al caer los rayos en los extremos del tren, la distancia entre ambos sucesos A y B respecto de los observadores C y C' es la misma. Sin embargo, C , el observador en reposo, percibirá ambos sucesos simultáneamente, mientras que C' no; percibe que B ocurre antes que A . Esto se debe a que C' en el momento en el que los rayos caen (desde el punto de vista de C) se está dirigiendo hacia B y alejándose de A a una velocidad v , por lo que percibirá antes el suceso B . Por lo tanto, los

sucesos simultáneos en S , no lo son en S' y viceversa. Por ello, Einstein critica la noción de simultaneidad clásica y afirma que para que la simultaneidad de unos sucesos determinados tenga algún sentido, debe especificarse un sistema de referencia.

Todas las consecuencias de la teoría de la relatividad especial son adecuadamente expresadas por la geometría espaciotemporal de Minkowski (1908). Por ello, se adopta esta estructura como marco de los procesos descritos por la teoría. Sin embargo, a diferencia de la mecánica clásica, aquí el espacio y el tiempo son fusionados para crear el espacio-tiempo, una geometría de tres dimensiones espaciales más una temporal $\langle x, y, z, t \rangle$. Al fin y al cabo, todo sucede en un lugar y en un momento determinados, no sirve de nada dar la posición espacial de un suceso si no aportamos sus coordenadas temporales y viceversa. Por ello, para definir un suceso deberemos aportar ambas coordenadas espaciotemporales. Asimismo, esta geometría espaciotemporal comprende el movimiento como movimiento en el espacio y el tiempo. De este modo, el movimiento espacial y temporal se ajustan de modo que la medición de la velocidad de la luz es igual para todos los observadores. En la relatividad especial, la velocidad combinada del movimiento de un sistema a través del espacio y del tiempo es siempre igual a la velocidad de la luz. Esto significa que, cuanto mayor sea la velocidad a través del espacio, menor será el movimiento a través del tiempo y viceversa. Por lo tanto, en un objeto que está en reposo todo su movimiento es temporal, mientras que cuando algo viaja a la velocidad de la luz (un fotón), todo su movimiento es espacial y no existe movimiento temporal.

Ahora bien, si en la mecánica clásica los constituyentes fundamentales eran puntos en el espacio e instantes en el tiempo, en la de la relatividad se trata de eventos en el espacio-tiempo. De acuerdo con la teoría, estos eventos no tienen una separación espacial o temporal definida ya que esta depende de la velocidad del marco de referencia que se escoja, pero los eventos sí tienen un intervalo específico entre ellos, escogidos por pares. Un evento, es el constituyente material ideal considerado sin extensión; si lo consideramos de un modo extendido se hablaría de la *línea del mundo* de un objeto determinado,

la cual sería el conjunto de sucesos que componen la historia de dicho objeto. Otra diferencia respecto de la mecánica clásica, es que ahora, cada evento material coincide con algún evento del espacio-tiempo.

Pero la teoría de la relatividad especial sigue siendo una teoría sustantiva, el espacio-tiempo es un concepto puramente teórico cuya estructura plana no se ve afectada en ningún caso por la distribución de la materia, ni esta puede interactuar con el espacio-tiempo. Así pues, en este sentido, no se diferencia de los conceptos de espacio y tiempo de la mecánica newtoniana:

Busco en vano en la Mecánica clásica (o en la teoría de la relatividad especial) un algo real al que poder atribuir el dispar comportamiento de los cuerpos respecto a los sistemas K y K' . Esta objeción la vio ya Newton, quien intentó en vano invalidarla. Pero fue E. Mach el que la detectó con mayor claridad, proponiendo como solución colocar la Mecánica sobre fundamentos nuevos. La objeción solamente se puede evitar en una física que satisfaga el principio de la relatividad general, porque las ecuaciones de una teoría semejante valen para cualquier cuerpo de referencia, sea cual fuere su estado de movimiento (Einstein, 1916: 69).

En este párrafo, Einstein está haciendo referencia al llamado Principio de Mach, que no es otra cosa que la afirmación de que las fuerzas inerciales deben ser explicadas a través de la distribución de la materia del universo. Como se ha visto previamente, este no es el caso de la mecánica clásica, ni de la teoría de la relatividad especial, ya que las fuerzas inerciales en ambas teorías emergen del movimiento de la materia respecto del espacio y del espacio-tiempo. Este hecho junto a que la relatividad especial es una teoría física bastante limitada (no incluye los movimientos acelerados, el movimiento curvo y la gravedad), deja a Einstein insatisfecho y lo empuja a crear la teoría de la relatividad general (TRG en adelante), pretendiendo que esta cumpla con los requisitos del Principio de Mach e incluya la gravedad y los movimientos acelerados.

Así pues, en la TRG Einstein generaliza la teoría de la relatividad a los sistemas de referencia no inerciales. En ella introduce el principio de equivalencia, según el cual, “un campo gravitatorio homogéneo es completamente equivalente a un sistema de referencia uniformemente acelerado” (Tipler, Mosca, 2010b: 1348). Pongamos que nos encontramos en un laboratorio en el espacio exterior, lejos del alcance de cualquier fuerza gravitatoria medible. Si aceleramos uniformemente el laboratorio, desde su interior será imposible diseñar un experimento que pueda decidir si el laboratorio está siendo acelerado o si está bajo la influencia de un campo gravitatorio uniforme. Por otro lado, la teoría nos dice que una región sin campo gravitatorio únicamente se da cuando se está en caída libre.

Asimismo, la TRG realiza una predicción que afecta al tiempo. La teoría afirma que los relojes se ralentizan en presencia de los campos gravitatorios y cuanto más cerca estén del punto de origen del campo, generalmente la masa (o regiones de potencial gravitatorio bajo), más se evidenciará este efecto. Por lo tanto, si situamos un reloj en la superficie de la tierra y comparamos su marcha con otro reloj que hayamos puesto en órbita, se podrá apreciar que el reloj que está en órbita evoluciona más rápidamente que aquél que dejamos en la superficie terrestre. Así pues, cuanto mayor sea una masa y cuanto más cerca de ella se esté, más se ralentizará el tiempo. Dado que en la TRG aceleración y gravedad son equivalentes, aquellos objetos que estén siendo acelerados evolucionarán más lentamente que aquellos que no. Es necesario hacer notar, que a diferencia de lo que ocurría en la TRE (teoría de la relatividad especial), este efecto no es simétrico. Un observador alejado de una región de potencial gravitatorio bajo, observará que los relojes transcurren más lentamente en las regiones de potencial bajo, mientras que un observador que se encuentre en esta zona, observará que los relojes del primer observador transcurren más rápido. Además, este es un efecto permanente que afecta a la materia.

En lo que a la geometría se refiere, la TRG usa la generalización de Riemann del espacio-tiempo de Minkowski. Al igual que en la TRE, el constituyente básico de la teoría son las localizaciones de los eventos. Estos eventos

tampoco tienen una separación espacial o temporal concreta, por el contrario, la estructura invariante del espacio-tiempo se define por el intervalo específico a lo largo de las curvas entre eventos escogidos por pares (Sklar, 1974). Ahora bien, existe una diferencia fundamental entre el espacio tiempo de la mecánica clásica, el de la TRE y la TRG:

The inertia-producing property of this ether [el espacio y tiempo newtonianos], in accordance with classical mechanics, is precisely not to be influenced, either by the configuration of matter, or by anything else. For this reason, one may call it “absolute”. That something real has to be conceived as the cause for the preference of an inertial system over a non-inertial system is a fact that physicists have only come to understand in recent years [...] Also, following the special theory of relativity, the ether was absolute, because its influence on inertia and light propagation was thought to be independent of physical influences of any kind [...] The ether of the general theory of relativity differs from that of classical mechanics or the special theory of relativity respectively, insofar as it is not “absolute”, but is determined in its locally variable properties by ponderable matter (Einstein, 1924: 15-18).

Por primera vez los componentes geométricos (espacio y tiempo o espacio-tiempo) se ven afectados por la distribución de la materia, esto es, la materia deforma el espacio-tiempo y este a su vez actúa sobre la materia. Así pues, resulta que la materia-energía y el espacio-tiempo interactúan. A modo de ejemplo, si en una región del espacio-tiempo tenemos un objeto muy masivo, este deformará el tejido espaciotemporal, causando que a su vez otras regiones más lejanas también se deformen, en mayor o menor medida dependiendo de su distancia, y afecten a otros objetos, pudiendo hacerlos caer hacia la deformación espacio-temporal. Así, en la TRG la fuerza gravitatoria ya no se explicada por la influencia de los campos gravitatorios, sino que estos se geometrizan y se entienden como la deformación que la materia-energía provoca en el espacio-tiempo; fenómeno que se describe mediante las ecuaciones de campo. De este modo, cuando dejamos caer algo

al suelo, este algo no cae por ser atraído por la tierra, sino que lo hace por la deformación que la masa de la tierra provoca en su espacio-tiempo circundante; deformación que influye en las geodésicas (línea de longitud mínima que une dos puntos en una superficie determinada) de los objetos.

Finalmente, parece que Einstein consigue con su TRG lo que Mach pretendía, una teoría relacional en la que el espacio (espacio-tiempo en este caso) dependa completamente de la materia. Desde luego, el propio Einstein creyó que así era:

... según la teoría de la relatividad general, el espacio no tiene existencia peculiar al margen de “aquello que llena el espacio”, de aquello que depende de las coordenadas. Sea, por ejemplo, un campo gravitacional puro descrito por las g_{ik} (como funciones de las coordenadas) mediante resolución de las ecuaciones gravitacionales. Si suprimimos mentalmente el campo gravitacional, es decir, las funciones g_{ik} , lo que queda no es algo así como un espacio del tipo (1) [el espacio-tiempo de Minkowski], sino que no queda absolutamente *nada*, ni siquiera un “espacio topológico”. Pues las funciones g_{ik} describen no sólo el campo, sino al mismo tiempo también la estructura y propiedades topológicas y métricas de la variedad (Einstein, 1916: 144).

Sin embargo, esta creencia se debía a que en la época aún no se había comprendido la TRG en profundidad, dada su complejidad. Tal y como señalan Sklar (1974, 1994) y Earman (1970, 1989), las ecuaciones de campo de la TRG con las únicas variables de una masa-energía y una determinada distribución de fuerzas, nos aportan unos datos que son compatibles con muchas estructuras espacio-temporales. Lo mismo ocurre con los campos electromagnéticos, para conocer la forma a la que se asemejan se necesitan más datos que simplemente el de las cargas presentes. Por lo tanto, para obtener una estructura adecuada para el espacio-tiempo asociado a una masa-energía dada y a una determinada distribución de fuerzas, además, necesitamos de ciertas condiciones de contorno. Así, para obtener la solución

de Schwarzschild que describe el campo gravitatorio de una estrella, es necesario asumir que a grandes distancias del punto de masa el espacio-tiempo tiende a ser plano. Esto es, cuanto más nos alejemos de la influencia de la masa, el espacio-tiempo tiende a convertirse en el espacio-tiempo de Minkowski (Sklar, 1974: 215-216). Esta suposición de que el espacio-tiempo alejado de la materia es plano, es habitual, pero tiene importantes consecuencias a la hora de interpretar la teoría desde un prisma machiano.

En primer lugar, Mach afirma que la teoría debería predecir que un sistema de prueba en un universo por lo demás vacío, no podría padecer fuerzas inerciales sea cual sea su estado de movimiento (si es que podemos hablar de movimiento, ya que no habría nada en relación a lo cual moverse). ¿Pero qué es lo que la TRG dice sobre esta cuestión? Tal y como se ha dicho, para conocer la estructura del espacio-tiempo se suele hacer la asunción de que cuanto más nos alejemos de los puntos de masa, más plano se vuelve el espacio-tiempo. Se deduce, por lo tanto, que un universo carente de la influencia de la materia debería ser plano. Pero si a la TRG le quitamos la influencia de la gravedad y nos quedamos con un espacio-tiempo plano, sucede que el resultado no es otro que el espacio-tiempo plano de Minkowski. Por lo tanto, debemos concluir que al igual que ocurre en la TRE, en la TRG a pesar de que el universo esté vacío, nuestro sistema de prueba seguirá padeciendo fuerzas inerciales dado que estas se generarían por su movimiento relativo respecto del espacio-tiempo plano resultante.

En segundo lugar, Mach afirmaba que las fuerzas inerciales que experimentan los objetos son causadas únicamente por la media de la materia circundante. Einstein adapta las condiciones de Mach a su propia teoría, entendiendo que ello implicaría que el campo métrico del espacio-tiempo está determinado únicamente por la distribución de la materia-energía en el universo. Sin embargo, tal y como se sabe en la actualidad, a la hora de determinar el campo métrico del espacio-tiempo además de la distribución de la materia-energía, son necesarias ciertas condiciones de contorno que son independientes de la materia contenida en el universo, por lo que no

cumpliría esta condición ya que estas condiciones de contorno también influirán sobre las fuerzas inerciales.

No obstante, tal y como afirma Earman (1970), se podría interpretar la noción de que la distribución de materia-energía debería determinar el campo métrico, entendiendo que en un universo vacío no debería tener estructura métrica alguna. Pero esta vía también parece fallar ya que las ecuaciones de campo de la teoría admiten varias soluciones para un universo vacío, resultando en diferentes estructuras espacio-temporales compatibles. Podríamos argumentar que estos resultados de las ecuaciones de campo para un universo vacío son resultados matemáticamente aceptables, pero no son resultados físicos (Harré, 1986). Earman (1989) se opone a esta opción afirmando que para que esta interpretación de los resultados sea sostenible, es necesario demostrar que las ecuaciones de campo son modificables preservando las predicciones para universos no vacíos y que no aportan resultados para universos vacíos.

Por el momento no se ha dado con dicha modificación, pero sí se han ensayado variantes de la TRG para que se acomode mejor a los requisitos de Mach. Se ha intentado cambiar la ley que relaciona el campo métrico con la distribución de la materia-energía, sustituyendo la teoría de tensores de la gravedad por la teoría escalar-tensor de Brans-Dicke (1961), estrategia con la que pretenden hacer depender el campo métrico exclusivamente de la distribución de la materia-energía, por lo que en ausencia de esta, el espacio-tiempo desaparecería en vez de convertirse en el espacio-tiempo plano de Minkowski. Sin embargo, la teoría escalar-tensor aún necesita mucho desarrollo y contrastación experimental, por lo que a pesar de ser un indicio de que la TRG pueda ser modificada, de momento no sirve como dato para argumentar que tal alternativa es viable.

1.2.6. Perspectivas actuales.

Más recientemente, Dieks (2001) ha retomado la teoría elaborada por Sklar (1974) y la ha desarrollado para resistir a las críticas que le hace Earman, tal y

como hemos visto previamente (subapartado 1.2.4.). Como hemos podido comprobar, tradicionalmente, tanto en la física clásica como en la relativista se conciben el espacio y el tiempo como entidades con existencia independiente a la de los sistemas físicos. De este modo, tiene sentido hablar de *lugares* en los que no hay nada material, o de *momentos* en los que nada ocurre. Por el contrario, Dieks en su teoría rechaza tratar las propiedades y relaciones espacio-temporales como independientes de los sistemas físicos y los trata como inherentes a estos, sin los cuales no tendría sentido hablar de estas propiedades y relaciones. Su propuesta trata de adjudicar a las propias partículas las relaciones y propiedades espacio-temporales, sin necesidad de recurrir para ello a una estructura espacio-temporal. Estas propiedades espacio-temporales de las partículas deben ser entendidas de la misma manera en la que entendemos su masa, esto es, la masa es una propiedad de la propia partícula y no de una relación espacio-temporal. Del mismo modo, las propiedades espacio-temporales son entendidas como propiedades directas de las partículas, interpretación justificada por la posibilidad de formular leyes físicas con estas propiedades. De este modo, Dieks pretende formular las leyes de la teoría de un modo relacional, pero asignando propiedades espaciales a las partículas directamente, sin hacer referencia al espacio, del mismo modo en el que se les atribuye una masa determinada.

Dieks pretende una teoría relacional, más bien, en la línea leibniziana, en la que las propiedades espaciales se determinan relativamente. Sin embargo, tal y como se ha visto, esta opción tiene dificultades a la hora de dar una solución a las fuerzas inerciales. En la opción leibniziana, todas las relaciones y propiedades espaciales son relativas, por lo que tanto la velocidad como la aceleración también lo son. La definición de la velocidad en términos exclusivamente relativos no es problemática; sin embargo, en el caso de la aceleración sí. Un cuerpo acelerado sufre fuerzas inerciales y en un esquema relacional no podemos diferenciar qué es lo que está siendo acelerado, ya que esto depende del marco de referencia y consecuentemente las fuerzas inerciales deberían cambiar con el cambio del marco de referencia; de modo que si lo cambiamos, si antes percibíamos que un objeto aceleraba, ahora podríamos percibir que es nuestro marco de referencia el que acelera. Por lo

tanto, la aceleración no se puede describir satisfactoriamente de este modo. Pero la propuesta que Dieks realiza no fallaría en ese punto, ya que en su teoría se puede distinguir entre partículas en movimiento acelerado y aquellas que se encuentren en movimiento inercial, a pesar de que en ambos casos las distancias y velocidades son las mismas. Por otro lado, el formalismo matemático utilizado es exactamente el mismo que el empleado habitualmente en la mecánica. Por ello, con esta teoría se pueden obtener los mismos resultados. La diferencia fundamental está en la interpretación que se hace de lo que significa ser “absolutamente acelerado”, que en el esquema propuesto por Dieks no significa “acelerado relativamente al espacio absoluto”, sino que es una propiedad de la misma partícula.

Sin embargo, Dieks (2001: 9) afirma que a diferencia de la propuesta de Sklar (1974), esta sí que supera la crítica realizada por Earman (1989), en la que afirma que la teoría en realidad no es capaz de apoyarse sobre sus propias bases y que es incapaz de aportar los conceptos necesarios para formular las leyes del movimiento sin invocar ocultamente a la mecánica newtoniana y con ella al espacio absoluto. Si bien es cierto que el formalismo resultante de la teoría que se propone tiene el mismo aspecto que la mecánica newtoniana, esto no significa que dependa de ella ocultamente, ni tan siquiera del espacio absoluto. De hecho, Dieks (2001: 9) considera que su aproximación demuestra que es posible aceptar toda la teoría de Newton, pero sin compromisos ontológicos con el espacio absoluto. Asimismo, cree que su propuesta supera la crítica también realizada por Earman (1989: 128), en la que afirma que aquellas teorías que produzcan las mismas predicciones de la mecánica newtoniana, pero sin comprometerse con el espacio absoluto, corren el riesgo de ser una mala reinterpretación instrumentalista de la teoría. Con todo, Dieks defiende que su propuesta es perfectamente compatible con una concepción realista, ya que a pesar de que las partículas y sus propiedades pueden ser consideradas como no observables, se interpretan de un modo realista, solo que ya no es necesario el espacio absoluto. Por otro lado, esta interpretación se acercaría más a la realidad de la práctica de la mecánica:

In fact, I think that the proposed analysis is rather close to the way mechanics is used in practice. Because there is no direct epistemic access to absolute space or space-time, space-time coordinates are in practice necessarily introduced by means of concrete physical objects (think, for example, of the rods and clocks in Einstein's 1905 article) (Dieks, 2001: 10).

Pero podríamos preguntar, ¿al aceptar que las partículas poseen aceleración absoluta, no se acepta indirectamente que también poseen posición y velocidad absolutas? De ser así, se estaría cayendo en conceptos tan superfluos empíricamente como el de la posición absoluta newtoniana. Sin embargo, Dieks considera que ni el concepto de posición ni el de velocidad son fundamentales en su teoría:

Absolute location should be compared to the value the mass of a particle possesses *within a given system of units*. This mass value changes if the system of units changes. Only the *ratio* between mass values is independent of such changes. The choice of unit is a matter of convention, and mass ratios rather than absolute mass values are therefore fundamental. We want to treat position in exactly the same way. That means to retain as fundamental only those features of a particle system that are insensitive to conventional choices (Dieks, 2010: 10).

De este modo, se rechazan las propiedades de posición y velocidad como absolutas ya que dependen del marco de referencia, considerándolas únicamente medidas relativas. Imaginemos que estamos en un punto C y que dos objetos A y B se dirigen hacia nuestra posición. A se acerca por nuestra izquierda a una velocidad x y B se acerca por nuestra derecha a una velocidad y relativa a nuestra posición C . Sin embargo, si cambiamos el marco de referencia y lo situamos en A , entonces la medida de las velocidades cambiará y B se estará aproximando a A a una velocidad de $x + y$ y C se estará aproximando a A a una velocidad de x . Por el contrario, Dieks sigue manteniendo la propiedad de aceleración como fundamental, ya que esta no

varía con el marco de referencia que se escoja. La aceleración produce fuerzas inerciales y estas no cambian por mucho que cambiemos el sistema de referencia. En este sentido, la aceleración se comporta como la masa, por ello en la teoría es interpretada como una noción básica.

Si bien, lo anterior es adecuado para el entorno de la mecánica clásica, en el contexto de la física relativista especial de partículas es necesario tener en cuenta que el espacio y el tiempo se mezclan y que ya no se puede considerar el intervalo temporal entre eventos como fundamental. Ahora, lo que permanece invariante es el intervalo espacio-temporal entre dos eventos. En este punto, los objetos físicos fundamentales son los “eventos de partículas”, porque lo que nos interesa saber es el estado de una partícula determinada en un momento determinado. Finalmente, a estos eventos se les asignan posiciones y tiempos en cuatro coordenadas: x, y, z, t . La asignación numérica de posiciones y valores temporales haría referencia a los procedimientos estándar de medición desde diferentes marcos de referencia inerciales, dando como resultado que la cantidad invariante de estas representaciones sea la ratio de intervalo ds de dos pares de eventos de partículas. Por otro lado, la escala de estas variables numéricas se establece de tal modo que las ecuaciones del movimiento relativistas expresen su forma inercial. De este modo, Dieks (2010: 13) afirma que es posible satisfacer el requisito tradicional de la concepción relacional: hacer que toda cantidad sea relativa en el sentido de pertenecer a relaciones entre objetos físicos. Esto sería posible debido a que las transformaciones de Lorentz no solo dejan invariable el intervalo tetradimensional entre pares de eventos ds , sino que también mantiene la diferencia entre ser acelerado o estar en movimiento inercial. Esto puede ser ilustrado del siguiente modo: dada la distancia relativa ds entre dos eventos de una misma partícula, el que la partícula esté o no acelerada está completamente determinado, ya que, en este contexto, estar acelerado significa no seguir una trayectoria geodésica. De este modo, Dieks muestra la posibilidad de definir la aceleración en términos relacionales, considerando además, que precisamente la TRE ofrece un entorno adecuado para el desarrollo de la física de partículas que realiza, dado que la teoría opera con distancias relativas entre los eventos.

No obstante, si la implementación de este desarrollo en la física de campos fuese imposible, este no sería muy relevante para la física contemporánea. Dieks, consciente de ello y a pesar de haber ideado la teoría para la física de partículas, aporta su visión relacional a la interpretación de los campos en la TRG reconociendo que sería necesario desarrollar mucho más la teoría para aplicarla a la física de campos. Dieks afirma que no es plausible considerar el espacio-tiempo de un modo sustantivo. En la mecánica newtoniana la razón fundamental para considerar el espacio como un ente físico deriva de que posee una estructura métrica independiente, esto es, cada punto del espacio mantiene relaciones geométricas con los demás puntos del espacio. Sin embargo, en la TRG el campo métrico, que es un campo físico como el campo magnético o el eléctrico, es el portador de las propiedades geométricas del espacio-tiempo, o lo que es lo mismo, los puntos (x, t) del espacio-tiempo no poseen independencia métrica, sino que esta les viene dada por el campo métrico. Por ello, Dieks (2010: 14) considera que las coordenadas espacio-temporales deben ser interpretadas como organizadoras de las relaciones entre los diferentes campos físicos. Así, las predicciones en las que se dan valores de x y t sin ser identificados con puntos espacio-temporales en términos de campos, no deben ser consideradas físicamente significativas.

The mathematical expression of this physical insignificance of the space-time points is the invariance of general relativistic field theory under diffeomorphisms: it does not matter whether the space-time coordinates are mixed up, as long as the relations between the field values remain the same. This makes it unnatural to think of the x, t coordinates as referring to physical individuals, namely space-time points (Dieks, 2010: 14-15).

Sin embargo, queda responder a la cuestión que tanto Earman (1970, 1989) como Sklar (1974) plantean. Tal y como se ha dicho previamente, para representar los campos son necesarias las condiciones de contorno y el continuo de valores espacio-temporales x y t , lo cual dificulta la interpretación que realiza Dieks de los campos como resultantes únicamente de los sistemas físicos (por lo que el continuo espacio-temporal en esta interpretación

desaparecería en caso de no haber materia en el universo). Por ello, autores como Earman (1989) sostienen que los campos necesitan un espacio-tiempo sustantivo para su existencia, dado que, según el autor, estos no se pueden representar sin recurrir a las propiedades de los puntos espacio-temporales, por lo que es necesaria la asunción de la existencia de los mismos. No obstante, Dieks afirma que el asignar valores de campo a x y t no implica necesariamente la suposición de que x y t hagan referencia a un espacio-tiempo sustantivo. Argumenta que en caso de encontrar un solo ejemplo en el que algún sistema similar a un campo cuya realidad sea aceptada y en el que el sistema sea representado como una función de determinadas coordenadas, si de esta representación no se sigue que las coordenadas deban ser consideradas ontológicamente previas al sistema que está siendo coordinado, entonces tendríamos un contraejemplo que, cuanto menos, pondría en duda la tesis sustantiva de Earman. Dieks encuentra su ejemplo en el “espacio de color”:

The instance of colors and their mutual relations is a case in point. Different colors and their shades can be represented in various ways; one way is as points on a three-dimensional color solid. But the proposal to regard this “color space” as something substantive, needed to ground the concept of color, would be absurd. Of course, it is exactly the other way around. Colors have certain relations among themselves, and their comparison makes it expedient to introduce the notion of a color space. Coordinates can then be introduced to mathematically handle this ordering scheme (Dieks, 2010: 15).

De este modo, Dieks, introduce una interpretación plausible de la naturaleza del espacio-tiempo en la TRG, como diferentes campos creados por sistemas físicos y en el que las coordenadas espacio-temporales únicamente son un instrumento para ordenar las interacciones entre los diferentes campos físicos. Al mismo tiempo, aporta un argumento con el que sostener una duda razonable frente a la interpretación realista del espacio-tiempo, minando uno de los puntos más fuertes que afianza la concepción sustantiva en la TRG,

aquella que afirma la necesidad de la existencia de un espacio-tiempo sustantivo ya que sin él los propios campos físicos no serían posibles.

Rovelli (2006), interpreta de un modo similar la naturaleza del espacio-tiempo en la TRG. Afirma que, en vez de interpretar que el campo gravitatorio al ser geometrizado se convierte en espacio-tiempo, se debería considerar, por el contrario, que no hay ni espacio ni tiempo, sino que el universo está comprendido por objetos dinámicos que no están en el espacio-tiempo, sino que estos son toda la realidad. Entre estos objetos dinámicos están los campos y entre ellos el campo gravitatorio, que interactúa con el resto de objetos físicos como si hubiese un fondo fijo (esto es lo que Newton llamaría espacio y tiempo). Sin embargo, lo que llamamos espacio-tiempo no es otra cosa que el campo gravitatorio. Por otro lado, Rovelli, afirma que la razón por la que hemos tomado el campo gravitatorio como referencia y no cualquier otro campo físico, no es otra que la contingencia de que en la región del universo en la que nosotros nos encontramos, el campo gravitatorio es lo suficientemente constante como para que nos sirva apropiadamente de referencia.

En lo que respecta al argumento de Earman (1989) de que es necesaria una variedad de coordenadas para tener la posibilidad de representar los campos físicos, por lo que sería necesaria su aceptación como entidad básica a modo de espacio-tiempo, Rovelli ofrece una respuesta similar a la de Dieks (2010) en la que se descarta una interpretación realista de la variedad M :

...in the mathematics of classical GR we employ a background “spacetime” manifold and describe the fields as living on this manifold. However, [...] the manifold is just an artifice for describing a set of fields and other physical objects whose only “localization” is with respect to one another.

A state of the universe does not correspond to one field configuration over the spacetime manifold M . It corresponds to an equivalence class under active diffeomorphisms of field configurations. Therefore localization over M is physically irrelevant. In fact, M has no physical interpretation. It is a mathematical device without physical

counterpart. [...] M cannot be interpreted as a set of physical “events”, or physical spacetime points “where” the fields take value. The only possibility of locating points is with respect to the dynamical fields and particles of the theory itself (Rovelli, 2006: 31).

Rovelli entiende que una interpretación adecuada de la TRG nos llevaría a una concepción relacional del espacio y el tiempo, donde las cosas no necesiten de estructuras marco que las ordenen, sino que estas se estructuren entre sí a través de sus relaciones e interacciones. Sin embargo, Rovelli considera que en el escenario de esta interpretación de la TRG la noción de tiempo ya no tiene cabida, al menos en sentido ontológico. Afirma que el tiempo en la TRG no fluye de forma uniforme, sino que este viene definido por una línea del mundo; y en caso de que dos líneas del mundo de dos sistemas coincidan dos veces, el tiempo transcurrido para cada uno de los sistemas diferirá. Esto se debe a que el tiempo, según Rovelli (2006: 34), depende del campo gravitatorio, por lo que concluye que únicamente es una característica observable del campo gravitatorio. Por ello, propone abandonar el concepto de tiempo en la física ya que considera que una física de estas características será más elegante y compacta además de actualmente viable. Asimismo, considera que seguir aferrándose a conceptos temporales que son adecuados para la descripción de nuestra percepción del día a día, como “presente” o “flujo temporal”, solo son signos de la nostalgia del concepto de tiempo absoluto de Newton. Sin embargo, él no lo cree adecuado para la descripción física del universo; de hecho, considera que para hacer la mejor descripción posible de la realidad, es necesario el abandono de la noción de tiempo:

Properly speaking, relativity has taught us that the effective way of thinking about the world in the light of what we have learned so far is to give up the notions of “space and time entities” entirely (Rovelli, 2006: 27).

No obstante, hay ciertas dificultades y ambigüedades respecto de la postura de Rovelli. En primer lugar, tal y como ya se ha mencionado, Rovelli afirma

que el tiempo es una propiedad del campo gravitatorio, lo que en principio parece conflictivo y es que el propio campo gravitatorio debería ser entendido en términos temporales. Resulta, que si seguimos con la lógica relacional según la cual espacio y tiempo no son entes materiales sino relaciones métricas que los seres humanos utilizamos para estructurar y comprender la realidad, no habría un objeto “espacio” ni “tiempo”, los sistemas físicos se relacionarían entre sí y ocuparían lugares relativos sin necesidad de estas sustancias. Así pues, podríamos suponer que el espacio no es otra cosa que la abstracción o la esencialización de las medidas espaciales relativas que hacemos de los objetos. Decir que algo ocupa un lugar, no es que exista algo material llamado “lugar”, sino que viene definido respecto a otros objetos existentes o a la potencialidad de situar o retirar objetos de sus posiciones relativas.

Del mismo modo, el tiempo debería ser entendido como resultado de medidas relacionales. Esto es, el tiempo no es un componente básico de la realidad, sino que es un concepto que empleamos para ordenar el cambio. De este modo, se entiende que lo básico en la naturaleza es la materia-energía y los cambios que esta padece. Así, el tiempo no es otra cosa que el sistema métrico y conceptual que usamos para organizar y manejar el cambio. Por ello, no parece adecuado decir que el tiempo es una propiedad del campo gravitatorio por el hecho de que este interfiera con su medida. Considero que un modo más adecuado de pensar el tiempo es como medida del cambio; y dado que el propio campo gravitatorio evoluciona, no se puede decir que el tiempo sea una propiedad suya, más bien, debería afirmarse que el campo gravitatorio interfiere en el cambio de los sistemas con los que interactúa. Pero aquello que llamamos tiempo no deja de ser una medida relativa a otros sistemas que cambian (relojes).

En cuanto a la afirmación de que el tiempo es una propiedad del campo gravitatorio, supongamos lo siguiente: imaginamos un universo sin materia y, por lo tanto, carente de campo gravitatorio en el que introducimos dos elementos materiales carentes de masa pero que puedan interactuar. En una situación así, no hay razón para pensar que en ausencia de campo gravitatorio

la interacción no se pudiera producir, por lo que es de suponer que habría cambio. De ser así, tendríamos un ejemplo que demostraría que el tiempo no es una propiedad del campo gravitatorio ya que en su ausencia las cosas podrían cambiar y, por lo tanto, podríamos seguir construyendo nuestra noción de tiempo a partir de los cambios observados.

Esta idea del tiempo como medida del cambio ya la sugería Mach cuando afirma que:

...el tiempo es más bien una abstracción a la cual llegamos por la variación de las cosas, debido a que no está señalada ninguna medida determinada, por estar todas las cosas vinculadas entre sí. Llamamos uniforme a un movimiento en el cual a iguales incrementos de camino corresponde iguales incrementos de camino de un movimiento de comparación (1912: 189).

Efectivamente, cuando aportamos mediciones temporales como, “hace tres horas que x ocurrió” no estamos midiendo el tiempo, sino que medimos el cambio y lo hacemos a través de otro sistema que cambia. En realidad, lo que estamos haciendo con esa medición es afirmar que en nuestro reloj de referencia la manecilla que marca los minutos ha pasado ya en tres ocasiones por la misma posición. El tiempo es la medida del cambio al igual que el espacio es la medida de la extensión actual o hipotética de los objetos materiales y sus posiciones relativas (geometría).

Ciertamente, podríamos optar por modelos de tratar el tiempo de un modo relacional diferentes, como el propuesto por Barbour (1996, 1999), donde la realidad estaría compuesta por el conjunto de todas las configuraciones relativas posibles del universo, las cuales pueden ser entendidas como fotos o instantes. Estas configuraciones, formarían el espacio de configuración relativo del universo. Las configuraciones relativas posibles, no tienen un orden preestablecido ni extensión temporal, por lo que el movimiento y el cambio genuino tal y como los conocemos, no tienen sentido en este esquema; las cosas no cambian, toda la historia del universo está dada de una vez en este conjunto de configuraciones relativas posibles. Por otro lado,

conceptos como el cambio y el tiempo son algo que se deriva de las diferencias que encontramos entre las diferentes configuraciones relativas posibles. Así, si al tomar una de las configuraciones y compararla con otra se observan leves diferencias, estas serán el sustento para considerar que el tiempo ha pasado. De modo que da la sensación de que el movimiento desaparece como fenómeno continuo para convertirse en la constatación de la diferencia de posición espacial de un elemento determinado en diferentes configuraciones relativas posibles.

Sin embargo, Barbour (1996: 406), entiende cada una de estas configuraciones como una totalidad estructurada, por lo que cabría considerar si la identidad y la acción pierden totalmente su anclaje en la realidad, ya que los objetos que consideramos que perduran en el tiempo, en este esquema, no lo hacen; no hay tiempo y los objetos están en las configuraciones relativas. Así, cuando vemos un pájaro volando de un tejado a una plaza y consideramos que hemos observado un pájaro que ha volado de un punto a otro, estaríamos equivocados. La realidad, según la teoría de Barbour, es que cada instante de ese evento es en realidad una configuración relativa, que tiene la misma realidad que las otras y que el pájaro que hay en cada uno ellos es independiente y no son el mismo pájaro. Cada objeto de cada configuración no está ligado con su réplica de otra configuración, sino que son realidades completas, por lo que la realidad es un conjunto de presentes que no se conectan entre ellos o que no evolucionan los unos hacia los otros. Como ejemplo gráfico, podríamos verlo de la siguiente manera: si imaginamos una nube gigante de hidrógeno, esta sería toda la historia del universo y cada uno de los átomos serían configuraciones (instantes) de esa historia.

Esta opción, sin embargo, tendría que ser capaz de explicar cómo es que observamos ciertas características en el universo que la teoría descarta, como la conexión de los sucesos del pasado con los del presente, la inherente evolución de los sistemas, el movimiento..., en definitiva, el cambio. No cabe duda de que la ventaja fundamental de una teoría relacional es la navaja de Ockham, la simplicidad ontológica. Sin embargo, la teoría de Barbour que simplifica eliminando el tiempo del esquema, introduce una gran cantidad de

nuevos elementos no observables: infinidad de configuraciones independientes y cuyos objetos constituyentes son independientes del resto de los objetos integrantes del resto de configuraciones, haciendo que cada objeto en cada configuración relativa sea un diferente. Si tenemos en cuenta, que en la crítica relacional del espacio y tiempo o espacio-tiempo, el factor de que estos no fuesen observables jugó un papel fundamental, la reinterpretación de la historia del universo dividiéndola en configuraciones relativas atómicas, independientes y dispersas en un espacio de fases⁴ es precisamente una de las características de la teoría de Barbour que la hace muy poco deseable en un contexto relacional; y es que no podemos observar ninguna de esas configuraciones relativas sino aquella en la que nos encontremos, por lo que, no es posible justificar observacionalmente la existencia de otras configuraciones relativas posibles.

Se podría replicar, basándose en que la TRG es en la actualidad la mejor teoría macroscópica que poseemos y que sus predicciones han sido ampliamente satisfactorias, predicciones tales como la desviación de los rayos de luz por los campos gravitatorios o la dilatación gravitacional del tiempo, que la existencia o no del tiempo y el espacio ya está dirimida dado que la geometría espacio-temporal es parte fundamental de la TRG y hasta el momento es la teoría más adecuada para describir el mundo macroscópico.

Sin embargo, esta postura realista, tiene también sus debilidades. La más importante de ellas sería tener en contra el argumento del convencionalismo de Poincaré (1905), quien demuestra sin lugar a dudas que no es posible verificar ni falsar una geometría determinada, sino que en la práctica se escoge la geometría de la teoría por su simplicidad. Afirma, que la demostración de la geometría de una teoría física siempre presupone cierta cantidad de hipótesis físicas, entre ellas, la teoría física de los instrumentos de medición que se usan en la prueba; por lo que en realidad, lo que se prueba es la combinación de la geometría de la teoría más las hipótesis físicas. De este modo, si resulta que

⁴ El espacio de fases es una construcción matemática ideada para representar las posiciones y momentos conjugados de un sistema de partículas.

alguna observación contradice las predicciones de este sistema, siempre podremos cambiar las hipótesis físicas iniciales (campos físicos que dilatan y contraen reglas, que dilatan y contraen el tiempo, desvían rayos de luz etc.) de tal modo que vuelvan a acomodar la experiencia a la geometría. Poincaré, demuestra este punto a través de una parábola bautizada con su mismo nombre. En la parábola Poincaré nos presenta dos mundos empíricamente idénticos, pero que son descritos por geometrías e hipótesis físicas diferentes que ayudan a acomodar los datos a las diferentes geometrías.

Por lo tanto, queda claro que a través de la experimentación no se puede verificar una geometría determinada, por lo que, según Poincaré, no queda más remedio que escoger mediante convención aquella geometría más simple⁵. De este modo, nos quedamos sin base empírica para afirmar que la geometría de una teoría cualquiera (o de la TRG en particular), sea la verdadera geometría del universo. Como mucho, podremos afirmar que se trata del conjunto de geometría más las hipótesis físicas iniciales más simple entre las opciones conocidas, pero esto no deja de tener ese cariz convencional y por lo tanto carece de la fuerza probatoria que nos permita aceptar la geometría de la TRG como la verdadera. De este modo, nos quedamos sin sustento probatorio que justifique el espacio-tiempo sustantivo.

Por otro lado, debemos tener en cuenta la capacidad explicativa de los diferentes modelos teóricos que se presentan. Balashov y Janssen (2003) distinguen dos tipos, las “teorías de principios”, que son aquellas que se construyen basándose en ciertas generalidades empíricas bien confirmadas a las que se les da carácter de postulados (la TRE por ejemplo consta de dos postulados: el principio de la relatividad y el de la constancia de la velocidad de la luz en el vacío). En este tipo de teorías, la explicación consiste en mostrar que los fenómenos a explicar se dan necesariamente en el mundo

⁵ Si bien, estoy de acuerdo con Hempel (1974) en la puntualización de que la simplicidad realmente relevante es la del sistema geometría más hipótesis físicas iniciales, no únicamente de la geometría. Y es que, si solo tenemos en cuenta la simplicidad de la geometría podríamos tener una geometría muy simple, pero que para acomodar los datos empíricos se necesitase un entramado de hipótesis físicas muy complejo.

como consecuencia de los postulados asumidos. En oposición está la “teoría constructiva”, que trata de explicar los fenómenos a través de leyes o de procesos subyacentes. Estas teorías ofrecen una serie de modelos de una parte de la realidad física (por ejemplo, la teoría cinética de los gases que explica la temperatura de un gas por la energía cinética de las moléculas que lo componen), por lo que la teoría es explicativa en cuanto que aporta modelos empíricamente adecuados de la realidad. Así pues, la elección entre la preferibilidad de un modelo explicativo u otro, se basará en lo que entendamos por “explicar” o qué es una buena explicación.

Si trasladamos esta cuestión al análisis del tipo de explicación que ofrece la teoría de la relatividad acerca de los fenómenos temporales, nos encontramos con que es una explicación de principios. Tal y como Balashov y Janssen (2003: 331) reconocen, a la hora de explicar el fenómeno relativista de la contracción de reglas y la dilatación temporal, lo que esta teoría nos dirá es que en todo universo en el que se cumplan tanto el postulado de la constancia de la velocidad de la luz como el principio de relatividad, se darán estos efectos relativistas; sin embargo, no tendrá nada que decir sobre la realidad subyacente de estos fenómenos. A pesar de este hecho, consideran que este modo de explicación es el preferible apoyándose en dos argumentos:

First, we note that theory-of-principle explanations appear to fit the once-standard covering law model of explanation much better than constructive-theory explanations. That, however, might just be another nail in the coffin of the covering law model. More importantly, we want to emphasize that (ii) [que las teorías de principios son explicativamente deficientes] also applies thermodynamics. That in and of itself, we submit, places the relativity interpretation in very good company (Balashov y Janssen 2003: 332).

La cuestión fundamental en último término es qué aceptamos como explicación: a) los relojes y los metros se comportan de una manera determinada debido a que es necesario que así sea por los principios de la teoría, o b) los relojes y los metros se comportan de un modo que resulta ser

consistente con el principio de la relatividad y como consecuencia aportan siempre la misma medida de la velocidad de la luz para todos los observadores. Considero, junto con otros autores como Brown y Pooley (2006) y Pooley (2013), que la manera más adecuada de entender los fenómenos es de un modo constructivo y no de un modo deductivo, sacando consecuencias de principios generales. La geometría del espacio-tiempo no nos ayuda a comprender por qué los objetos materiales se comportan de un modo determinado, contrayéndose o ralentizando su evolución en función del entorno espacio-temporal en el que se encuentren. Incluso el propio Einstein prefería una explicación teórico constructiva por su poder explicativo:

... when we say we have succeeded in understanding a group of natural processes, we invariably mean that a constructive theory has been found which covers the processes in question (Einstein, 1982: 228).

Y es que, cuando logramos una teoría de principios, conseguimos relacionar de un modo estructurado y lógico las diferentes variables de los fenómenos observados, obteniendo de este modo una herramienta altamente generalizable y potente a la hora de aplicarla a diferentes situaciones y realizar predicciones. Sin embargo, no nos aporta justificación del comportamiento de los sistemas, para ello no nos queda más remedio que recurrir a sus propiedades dinámicas. Consideremos la siguiente situación a modo de ejemplo: a la hora de explicar el comportamiento de los gases, podríamos proceder estableciendo ciertos principios y relaciones entre presión, temperatura, volumen y cantidad de gas. Si conseguimos relacionar estas variables adecuadamente y de un modo lógico, podremos conseguir una teoría a través de la cual realizar predicciones acertadas. Pero esta teoría no podrá decirnos por qué cuando aumentamos o reducimos la temperatura, la presión del gas se ve afectada. Para ello necesitaríamos una teoría constructiva, como la teoría cinética de los gases, que nos dijese que el calor es la energía cinética de las moléculas del gas, por lo que cuanto mayor temperatura tiene un gas, mayor energía posee y por lo tanto mayor capacidad

para ejercer fuerza sobre las paredes del recipiente que lo contiene. Asimismo, al acelerar un coche, podemos establecer matemáticamente la relación entre la presión ejercida en el pedal de aceleración y la velocidad que el coche puede alcanzar en situación ideal. Así pues, si nos conformamos con una explicación de principios, podríamos estar dejando fuera de nuestro marco de análisis e investigación una buena parte de la realidad.

Con esto no quiero decir que las teorías de principios sean inferiores a las teorías constructivas. Por el contrario, las primeras tienen un gran poder de predicción y de deducir consecuencias que emanan de los propios postulados de la teoría debido a su sistematicidad. Además, en muchas ocasiones los postulados de estas teorías han tenido gran contrastación científica. Más bien, considero que cada una tiene su función, de modo que, si lo que queremos es disponer de un fuerte aparato deductivo que nos permita realizar predicciones novedosas y altamente fiables, probablemente, el modelo de teoría de principios sea la adecuada. Sin embargo, si lo que pretendemos es comprender en profundidad una parcela de la realidad, considero que en ese caso la teoría constructiva es la adecuada. Por lo tanto, tal vez no sería necesario verlas como opciones opuestas, sino como dos vías complementarias en la investigación científica.

Por ello, una interpretación del tiempo como cambio en los sistemas, puede ayudar a la construcción de una teoría constructiva que favorezca la comprensión de los fenómenos relativistas de un modo más profundo. De este modo, se abre la puerta a la interpretación de que la dilatación temporal en los sistemas físicos obedece a una interacción entre los diferentes sistemas. Si el tiempo no es otra cosa que la medida del cambio, entonces lo que queda por explicar no es otra cosa que la razón por la que los sistemas ven alterados sus ritmos de cambio. Esta podría ser debido a la interacción del sistema con el campo gravitatorio. Sabemos que la influencia de los campos gravitatorios dilata la medición de los relojes y que cuanto más intenso es el campo gravitatorio tanto más fuerte es este efecto. Dado que los relojes lo único que hacen es servir como patrón de medición para otros cambios, no parece descabellada la idea de que los sistemas físicos estén interactuando (a nivel

atómico o subatómico) con el campo gravitatorio de tal modo que este lastre su cambio. Los sistemas sufrirían, por así decir, una especie de rozamiento que ralentiza su cambio o evolución.

Asimismo, la TRG iguala los efectos de un campo gravitatorio con los de la aceleración, por lo que aquellos sistemas que son sometidos a aceleración también sufrirán una dilatación temporal, esto es, su ritmo de cambio se verá afectado y se ralentizará. Si tomamos la idea de Mach (1912) de que las fuerzas inerciales surgen debido a la aceleración respecto de la media de la masa del universo y la combinamos con la afirmación de Rovelli (2006) de que el espacio-tiempo no es otra cosa que el campo gravitatorio de toda la masa del universo, tenemos que cuando un objeto acelera, lo hace respecto de la influencia de la combinación de todos los campos gravitatorios del universo. Por ello, la aceleración genera las mismas fuerzas que los campos gravitatorios, y es que no dejan de ser una interacción con los mismos, un cambio de estado relativo a estos que hace que estas fuerzas se manifiesten de tal modo que al acelerar respecto a estos campos su influencia aumentase, generando esa especie de rozamiento dentro del sistema que provoca que la evolución del cambio de este se vea alterada y ralentizada.

No obstante, esta interpretación podría tener una consecuencia, dado que la dilatación temporal es entendida como la interacción entre sistemas físicos, este efecto dejaría de ser puramente cinemático. Esto es, en la relatividad los efectos relativistas se entienden como una consecuencia de la influencia de la estructura espaciotemporal; en este esquema, por el contrario, serían consecuencia del modo en el que los sistemas materiales interactúan entre sí (Callender, 2008, p. 52). Por esta razón, podría darse el caso en que las diferentes estructuras materiales interactuasen de modo diferente con el campo gravitatorio, lo que implicaría diferencias en la contracción temporal medida por los diferentes sistemas.

Con esto no pretendo haber dado con una teoría que sea coherente con la física actual, sino mostrar que tal vez una formulación de este tipo sea deseable debido a sus ventajas. Con una interpretación relacional del espacio y del tiempo (entendiendo el tiempo como medida del cambio), se podría

conseguir una descripción de la realidad en la que no necesitásemos entidades intermediarias que explicasen las relaciones entre sistemas físicos, sino que podríamos hacerlo únicamente haciendo referencia a correlaciones entre sistemas observables. De este modo, ya no necesitamos ni al espacio ni al tiempo sustantivos ya que explicamos la realidad física a través de las relaciones espaciales y el cambio que se da en los sistemas. El cambio, a diferencia de la dimensión temporal, es algo observable y mesurable en todos los sistemas conocidos. De modo que, a primera vista, con un sistema teórico de este tipo tendríamos en principio dos ventajas fundamentales de las teorías relacionales: 1.) su mayor simplicidad ontológica y 2.) una ventaja epistemológica; y es que las relaciones son siempre entre sistemas físicos observables y no sobre entidades teóricas como son el espacio y el tiempo o el espacio-tiempo.

Por otro lado, vemos que las explicaciones geométricas y las explicaciones de las teorías de principios sobre la dilatación temporal y la contracción espacial nos dicen poco, más allá de los fenómenos que suceden y el grado en el que lo hacen. Sin embargo, el adoptar una interpretación del tiempo como medida del cambio, abre las puertas a preguntarse qué es lo que ocurre en el sistema para que este vea alterado su ritmo de cambio, pudiendo de este modo elaborar diferentes teorías que expliquen el mecanismo que actúa sobre los sistemas y provoca alteraciones en su ritmo evolutivo. Esto es, entender el tiempo como cambio nos permite la elaboración de teorías constructivas que nos permitan comprender mejor la naturaleza de fenómenos como la dilatación y contracción relativistas, aportando explicaciones dinámicas de la evolución atómica o subatómica de los sistemas a través de sus interacciones con otros sistemas físicos; como podría ser el conjunto de todos los campos gravitatorios.

Tampoco creo que sea posible llegar a una conclusión definitiva acerca de la corrección de adoptar una posición relacional o sustantiva. Esta cuestión cae sobre el ámbito filosófico, sobre todo, ya que depende de nuestra postura epistemológica acerca de la deseabilidad de la inclusión de conceptos no observacionales. También juegan un papel muy importante en esta decisión

otro tipo de valores, como la preferencia por la simplicidad ontológica y teórica, así como posiciones filosóficas como el realismo o el pragmatismo respecto de los conceptos teóricos. De modo que se podrían interpretar ciertos conceptos de una teoría, como la geometría del espacio-tiempo, como algo que forma parte de la realidad del universo, o interpretarlo simplemente como una sofisticada herramienta que nos ayuda a manejar y a acotar la realidad para poderla describir y hacer predicciones.

A pesar de lo anterior o debido a ello, considero que una teoría relacional es preferible por su simplicidad ontológica, por la reducción de entidades no observables y por su mayor poder explicativo a la hora de entender la naturaleza del espacio y del tiempo (del cambio de los sistemas) a través de comprender la complejidad de la interacción entre los sistemas. Además, si miramos atrás en la historia veremos que lo que se creía fijo, ha cambiado. Puede que, la interpretación que damos a los conceptos de espacio y tiempo, y el espacio-tiempo corran la misma suerte:

Geometry has repeatedly been mistaken for an a priori feature of reality. Euclidean geometry was erroneously thought of as necessary. Later, Riemannian geometry as well has been erroneously considered necessary. However, there is no a priori reason for which reality has to be understood as a continuum with metric properties. Nor, for that matter, as a continuum at all (Rovelli, 2006: 32).

1.3. Teoría causal del tiempo.

Si como se ha hecho en el apartado anterior apostamos por una teoría relacional del tiempo, una teoría en la que la naturaleza fundamental de la realidad sobre la que se construye nuestra noción del tiempo no es otra que el cambio, parecería que a tal teoría le harían falta más componentes que ayudasen a explicar las propiedades que experimentamos del tiempo. Nuestras experiencias nos enseñan, sin género de dudas, que el pasado es diferente del futuro. El futuro parece estar abierto, lleno de posibilidades que en cierto modo se pueden determinar previamente, mientras que el pasado es inalterable, está completamente determinado por lo que ya ha sucedido. Entre el pasado y el futuro está el presente, un soporte temporal en el que nos situamos, que se va actualizando constantemente y donde se da la acción. De este modo, nuestra experiencia parece adecuarse perfectamente a la imagen de una flecha temporal unidireccional en la que hay ciertas cosas que pueden dar origen a otras, pero nunca se observa que esas relaciones se inviertan. Esto es, observamos una clara asimetría temporal, ya que ciertas cosas causan ciertos efectos, pero nunca observamos que esta relación se altere, los efectos nunca dan origen a sus causas.

No parece que se pueda dar cuenta del llamado orden temporal (por qué unas cosas son previas a otras etc.) haciendo uso únicamente de la noción de cambio, y es que el cambio es una noción simétrica que no explica por qué unos cambios siempre preceden a otros. El hecho de que lancemos una piedra contra un cristal y causemos la ruptura de este, sería un cambio, pero no nos dice nada acerca del orden de esta secuencia de sucesos ¿Por qué el lanzamiento de la piedra precede a la ruptura del cristal y no la ruptura del cristal al lanzamiento de la piedra? Así pues, resulta imposible que los cambios por sí mismos den razón de la naturaleza asimétrica de nuestra experiencia del tiempo, o de la naturaleza asimétrica de la evolución del universo. Por ello, ha habido muchos autores que percatándose de la estrecha relación que mantienen la causalidad y el tiempo (la observación nos dice que las causas siempre preceden a los efectos), han pretendido reducir la noción de tiempo a relaciones causales, de modo que decir que un suceso A es causa

de un suceso B, sea equivalente a decir que el suceso A es anterior al suceso B.

1.3.1. La reducción de las relaciones temporales a relaciones causales.

Se suele considerar a Leibniz como el padre de la teoría causal del tiempo (TCT de aquí en adelante). Tal y como se ha visto en los subapartados 1.2.2. y 1.2.3., Leibniz se opone a la teoría sustantiva de Newton ofreciendo una teoría relacional del espacio y del tiempo donde estos conceptos son considerados relaciones de orden entre los eventos y las cosas de acuerdo a la anterioridad o posterioridad de unas a otras, o bien por su proximidad o lejanía. Para Leibniz, estos conceptos no hacen referencia a sustancias, sino a relaciones con fundamento en la realidad (Leibniz, 1982: 573). De modo que, según su teoría describe de este modo las relaciones temporales:

Si se postula que existen varios estados de cosas que no envuelven nada opuesto, se dice que existen simultáneamente. [...] Si uno de dos estados no simultáneos envuelve la razón del otro, aquél se considera anterior, éste posterior. [...] Y como mi estado anterior, debido a la conexión de todas las cosas, envuelve también el estado anterior de las otras cosas, mi estado anterior envuelve asimismo la razón del estado posterior de las otras cosas, y por lo tanto es anterior a ese estado de ellas. Y por esto, cada existente es simultáneo con, o anterior o posterior a otro existente (Leibniz, 1982: 581).

Tal y como se puede ver aquí, Leibniz, introduce la causalidad como elemento de direccionalidad de los diferentes estados de las cosas. Ocurre, que la relación de posición (u orden) de los eventos, unos respecto de otros, es una relación en principio simétrica que no nos da la dirección de los eventos. Veámoslo con un ejemplo: podemos saber que un estado B, se encuentra entre el estado A y el estado C, pero debemos conocer su dirección para poder discriminar entre la serie de eventos ABC o CBA. Tal y como se puede apreciar, el criterio que usa Leibniz para conocer la dirección de los

eventos es el de la causalidad, de modo que un evento A es anterior a un evento B si y solo si A es causa de B. Del mismo modo, un evento C será posterior a un evento B, si y solo si C es efecto de B. Dado que Leibniz considera que todas las cosas están conectadas causalmente, es posible conocer las relaciones temporales de todas ellas a través de las relaciones causales que poseen entre sí. Debido a esta conexión causal cualquier estado de un objeto está relacionado con todos los acontecimientos sucedidos hasta él y contiene en sí la razón de todo lo que sea temporalmente posterior, de modo que es posible establecer relaciones de anterioridad y posterioridad con todos los eventos pasados y futuros. Así, la asimetría causal sirve como explicación de la asimetría temporal, reduciendo de este modo la segunda a la primera.

Por otro lado, la noción de causalidad en el sistema leibniziano es muy particular dado que está imbricada en todo un sistema metafísico que en cierto modo lo modula. Leibniz, entiende que la realidad está constituida por lo que él denomina “mónadas”, que vendrían a ser los elementos más simples de la realidad. Dicho de otro modo, son los átomos que componen todas las cosas; entendiendo el término en un sentido más cercano al de Demócrito que al de la ciencia actual. Pero, las “mónadas”, al ser los elementos más fundamentales de la realidad, no pueden ser afectadas por ningún elemento exterior. Sin embargo, Leibniz no concibe que haya algo en la naturaleza que esté libre del cambio, por ello, las “mónadas” también deben cambiar.

Dado que no pueden verse afectadas por elementos externos, en cada una de las “mónadas” “los cambios naturales de las mónadas provienen de un *principio interno*” (Leibniz, 1982: 609). Esto significa que en las “mónadas” no se entiende la causalidad como algo externo a ellas y que las afecta, sino que cambian y evolucionan por su propia naturaleza. En este sentido, se entienden las propias características o naturaleza de las cosas como causa del propio cambio. Se podría establecer un cierto paralelismo con cualquier sistema natural que conozcamos, si obviamos el hecho de que estos sí que interactúan entre ellos; así, un ser vivo, por ejemplo, se desarrollaría no por la interacción de elementos externos e internos, sino en virtud de su naturaleza:

el crecimiento, el desarrollo de sus capacidades e incluso la conducta, vendrían determinadas por la naturaleza de los propios seres vivos, esto es, por su genética, de modo que en el esquema leibniziano se entienden estas relaciones endógenas como relaciones causales. Por lo tanto, si tomamos como ejemplo este tipo de relaciones causales se deberá entender que, como también asume Leibniz, en el caso de un ser vivo su nacimiento es la causa de su muerte, así como la vejez sería el efecto de la juventud.

Tal y como se discutirá a continuación, hay varios aspectos problemáticos en la concepción de la causalidad de Leibniz. El primero de ellos está relacionado con la conectabilidad causal holística que propone entre todas las cosas existentes, que posteriormente y sobre todo con la llegada de la teoría de la relatividad, se verá puesta en cuestión. Por otro lado, está la propia noción que se tiene de aquello que constituye una cadena o relación causal. Como se mostrará, la causalidad endógena que propone Leibniz es incompatible con la causalidad eficiente aristotélica y con el tradicional requisito de exterioridad de la causa.

1.3.2. La teoría causal del tiempo y la relatividad.

Hoy en día, con las nuevas teorías científicas que poseemos y con los nuevos datos acerca de la naturaleza del universo con los que contamos, no parece posible sostener la TCT leibniziana. Leibniz, en su TCT necesitaba que todas las cosas estuviesen conectadas a través de relaciones causales para poder ordenarlas temporalmente y poder establecer qué es anterior o posterior. Sin embargo, con la teoría de la relatividad especial se mostró que la velocidad a la que cualquier objeto o señal puede viajar tiene como límite la velocidad de la luz en el vacío c ; según la teoría nada puede superar esta velocidad. Asimismo, se ha venido descubriendo que el universo es inmensamente mayor de lo que se pensaba, de manera que el pasó de estar compuesto únicamente por nuestra galaxia a contar con una infinidad de ellas. Si tenemos en cuenta estos dos factores, la velocidad limitada a la que se puede transmitir cualquier señal y la inmensidad del universo, tenemos como resultado que hay ciertas regiones de este que no son conectables causalmente. Hay regiones tan

alejadas entre sí que las señales o posibles influencias causales tardan tanto tiempo en llegar de una a otra que es imposible que determinados sucesos o estado de una y otra estén conectados causalmente. Por ello, la conexión causal que necesita Leibniz para su TCT resulta incompatible en el marco actual de la relatividad y del mayor conocimiento que tenemos de las dimensiones del universo.

Más recientemente, Reichenbach (1928, 1956), Grünbaum (1963) y van Fraassen (1970) han desarrollado una versión de la TCT en el marco de la teoría de la relatividad. Se puede apreciar una diferencia estratégica a la hora de formular el orden temporal entre las teorías de Reichenbach y Grünbaum, por una parte, y la de van Fraassen, por otra. Los dos primeros, siguen la estrategia de explicar en primer lugar el orden temporal de los eventos de una línea del mundo, para después poder explicar el orden temporal de todos los acontecimientos relacionándolos causalmente con la línea del mundo ya ordenada. Van Fraassen (1970: 219) por su lado, propone una estrategia diferente, explicar el orden temporal de los eventos de cualquier línea del mundo a través de sus relaciones con otras líneas del mundo. Si bien es cierto que hay algunos matices en los objetivos que persiguen, tanto en la estrategia utilizada para la formulación de las teorías como en la definición de algún que otro término, los tres autores comparten la terminología fundamental establecida por Reichenbach (1928), empleando conceptos como “genidentidad” y “conexión causal”. Por lo tanto, me centraré sobre todo en la exposición de Reichenbach, ya que las críticas fundamentales a su sistema también afectarían a las propuestas de Grünbaum y van Fraassen por compartir unos supuestos básicos.

Reichenbach (1956) define la relación de “conexión causal” como aquella que se da entre eventos; de tal manera que un evento A está causalmente conectado con un evento B si A es causa de B, o B es causa de A, o bien existe un evento C que es causa de ambos. De modo que, a través de la conexión causal podremos identificar “cadenas causales” mediante series conectadas de causas y efectos. Así, por ejemplo, Reichenbach entiende que la emisión y la posterior absorción de una señal luminosa es una cadena causal,

ya que considera que la emisión de dicha señal es la causa de su absorción final. El segundo concepto fundamental es el concepto de “genidentidad”, que Reichenbach (1956: 38) define como una relación existente entre diferentes eventos que pertenecen a estados de un mismo objeto. Desde este punto de vista, los sistemas físicos son considerados como series de eventos y cada uno de esos eventos que configuran el sistema físico tiene una relación de “genidentidad” con ellos. De este modo, la línea del mundo de una partícula, así como la vida de un ser vivo, es entendida como una cadena de eventos “genidénticos”. Por otro lado, dado que, para Reichenbach, los eventos “genidénticos” están causalmente relacionados, resulta que cadenas de eventos como los mencionados serían “cadenas causales” (Reichenbach, 1928: 271). Por lo tanto, la niñez de una persona determinada está en relación de genidentidad con su vejez y sería causa de ella. En este punto se puede ver claramente cómo con este concepto de genidentidad, se está introduciendo en la TCT la misma noción de causalidad que ya hemos tratado al hablar de la TCT que proponía Leibniz; una concepción de causalidad como relación endógena donde la causa no es entendida como un agente exterior de los sistemas, sino que es un factor interno. Más adelante se tratarán las consecuencias que tiene este modo de definir la causalidad, ya que arroja una sombra de arbitrariedad y excesiva simplificación sobre la TCT.

En *The Philosophy of Space and Time*, Reichenbach introduce su teoría del orden temporal con la siguiente definición:

If E_2 is the effect of E_1 , then E_2 is called later than E_1 . This is the topological coordinative definition of time order. To complete this statement we should add that it also applies to the case where E_1 is only a partial cause of E_2 or where E_2 is only a partial effect of E_1 (Reichenbach, 1928: 136).

Una vez definida la relación de posterioridad, resulta obvio que la relación de anterioridad también ha sido especificada. Sin embargo, se puede ver que esta definición nos es útil para eventos que son causas o efectos los unos de los otros, pero no sirve de nada a la hora de establecer el orden temporal entre

eventos que no formen una “cadena causal”. Entonces, ¿cómo es posible establecer el orden temporal entre eventos que no estén causalmente conectados? Reichenbach (1924), trata de ofrecer una definición de orden temporal que pueda acomodar aquellos eventos que no estén conectados causalmente. Para ello, afirma que un evento E_1 es anterior a un evento E_2 si y solo si es físicamente posible que haya una cadena causal $c_1, c_2, c_3, \dots, c_k$; tal que E_1 coincida con c_1 y E_2 con c_k . Esto es, dado que la teoría de la relatividad establece que no es posible viajar a mayor velocidad que la luz, aquellos pares de eventos relacionables serán aquellos que puedan ser relacionados a través de una señal lumínica (no hay que olvidar que una señal de luz en este esquema es considerada como una “cadena causal”). Por otro lado, aquellos pares de eventos que no puedan ser relacionados por un rayo de luz, tendrán que ser considerados como eventos indeterminados, por lo que no se podrá establecer su orden temporal. Estos eventos serán considerados simultáneos. Reichenbach (1956: 40), argumenta que incluso en la física clásica se consideraba que entre los eventos simultáneos no se podían dar interacciones causales, ya que estas precisan de tiempo para propagarse de un punto a otro. De este modo, en la TCT, se define la simultaneidad por la imposibilidad de establecer relaciones causales entre los diferentes eventos que tomemos en consideración.

Se puede apreciar que la TCT no se atiene únicamente a “cadenas causales” que relacionan eventos causalmente conectables, sino que cuenta además con que estas cadenas forman “redes causales”. Las cadenas causales, a pesar de no tener por qué estar conectadas causalmente unas con otras, sí que coinciden con frecuencia entre ellas posibilitando de este modo las “redes causales” que permiten relacionar temporalmente eventos que pueden ser causalmente independientes, pero que sirven como referencia a la hora de situar otros eventos como sus posibles causas o efectos. De este modo, si la realidad es una “red causal”, una vez que tengamos el orden temporal de una “cadena causal”, esta nos permitirá ordenar el resto de los eventos de la red (Reichenbach, 1956).

Generalmente, estas relaciones se representan a través de los diagramas de los conos de luz que muestran las relaciones temporales entre eventos en el espacio-tiempo de Minkowski. En la figura 1.5, observamos un evento E_1 del que se extiende un cono de luz hacia el pasado, que representa sus posibles causas (eventos causalmente relacionables con E_1 , como es el caso de E_0). Asimismo, se observa un cono de luz que se extiende hacia el futuro, donde se situarán los posibles efectos de E_1 (o eventos causalmente relacionables con E_1 como E_2). Por lo tanto, en el espacio V_1 se encontrarían todos los eventos que podrían haber contribuido a ser causa de E_1 y en V_2 se encontrarían todos los efectos posibles de E_1 . A los lados de los conos de luz,

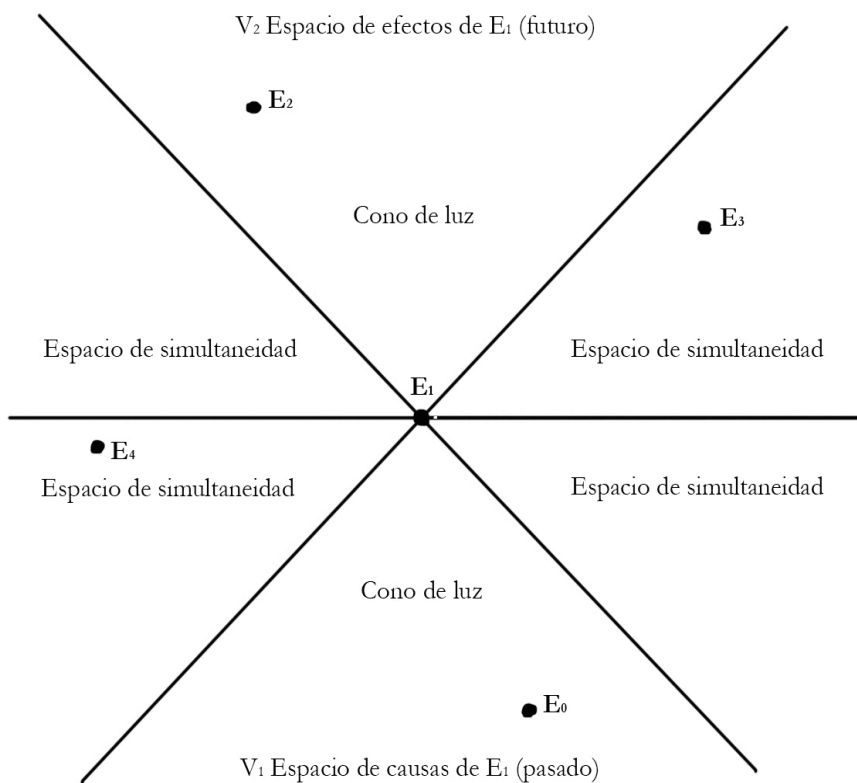


Figura 1.5: Diagrama de orden temporal de un evento E_1 , según el orden causal marcado por el cono de luz, de acuerdo con el espacio-tiempo de Minkowski.

tenemos el espacio de simultaneidad, esto es, el espacio en el que se encuentran aquellos eventos que no pueden entrar en interacción causal con E_1 , por lo que todo evento que caiga en dicho espacio será considerado simultáneo a E_1 (como es el caso de E_3 y E_4).

1.3.3. La noción de causalidad y el problema de la circularidad.

Analicemos ahora la noción de causalidad que se utiliza para desarrollar este sistema. Tal y como se ha comentado antes, Reichenbach (1928, 1956), Grünbaum (1963) y van Fraassen (1970), conciben las relaciones de “genidentidad” como “cadenas causales”, de modo que los diferentes sucesos de la línea del mundo de un objeto son “genidénticos” entre sí, como por ejemplo, los diferentes eventos que le ocurran a un rayo de luz entre su emisión y absorción final. Del mismo modo, el que una persona P en su trayecto pase por un punto A, será considerado causa de su posterior paso por un punto B. Esto es, al igual que en el caso de Leibniz (1982), se entienden las relaciones causales como relaciones endógenas de los propios sistemas. Efectivamente, al igual que en el caso de la concepción leibniziana, la definición de causalidad como una relación entre eventos que conforman los procesos evolutivos de los sistemas, supone el abandono del tradicional requisito de la exterioridad de la causa.

En la *Física*, Aristóteles distingue cuatro tipos de causas diferenciadas, (1) la causa material, (2) la causa formal, (3) la causa eficiente y (4) la causa final:

En este sentido se dice que es causa (1) aquel constitutivo interno de lo que algo está hecho [...] En otro sentido (2) es la forma o el modelo, esto es, la definición de la esencia y sus géneros [...] y las partes de la definición. [...] En otro sentido (3) es el principio primero de donde proviene el cambio o el reposo, como el que quiere algo es causa [...] Y en otro sentido (4) causa es el fin, esto es, aquello para lo cual es algo... (1994: 194b23-35).

Generalmente, cuando se habla de causalidad, se hace referencia a la tercera acepción definida por Aristóteles, el principio de causa eficiente. Pongamos, por ejemplo, el caso de un rayo de luz que es emitido de un punto A hacia un punto B, donde este será reflejado a un tercer punto C donde será absorbido. Si nos preguntamos por la causa eficiente de la reflexión del rayo de luz, lo más normal sería responder que la causa está en el elemento reflector del punto B, esto es, en un factor externo. Sin embargo, en la TCT expuesta, la causa de la reflexión no sería el elemento situado en el punto B, sino que la causa será la emisión del rayo en el punto A. En este caso, pareciera más bien que el tipo de causalidad de la que se habla es una conjunción de la causa material y de la causa formal. Esto parece ser así, porque la evolución de un sistema viene en parte determinado por su naturaleza o, como diría Aristóteles, por su esencia (ADN en el caso de los seres vivos, el material del que estén compuestos etc.), que va a determinar el tipo de interacciones que puede tener con otros elementos materiales, así como su propio desarrollo. Y es que cada sistema evoluciona del modo en el que le es posible evolucionar dada su propia naturaleza, que en este sentido, a la vez restringe y posibilita.

Parece claro que esta concepción de los cambios y de la causalidad deja fuera del marco de análisis a la causa eficiente, que es, sin embargo, una parte importante en el modo en el que las cosas cambian y evolucionan. Si dejamos la causa eficiente fuera de nuestro marco explicativo, podríamos llegar a conclusiones tan contraintuitivas como la siguiente: tenemos un cristal que en t_1 está entero, y en t_2 estará roto, y según la TCT que hemos visto, la causa de que el cristal esté roto en t_2 es que estuviese entero en t_1 ; de este modo dejaríamos fuera algo muy importante en la explicación de este hecho, y es que entre t_1 y t_2 una piedra colisionó con el cristal (causa eficiente). Por razones como esta, autores como Bunge (1959) y Pearl (2000) han defendido enfáticamente la necesidad de la causa eficiente, en cuanto elemento externo al sistema.

Por otro lado, si tenemos en cuenta la noción de “causa total” resulta que la causa externa también es insuficiente. Cuando buscamos la causa total de un suceso necesitamos, al menos, conocer dos datos: aquello que ha actuado

desde el exterior y la propia naturaleza del objeto o sistema. Cuando se dice que la causa de la reflexión de un rayo de luz es un reflector situado en su trayectoria, el hecho es, sin embargo, más complejo. La naturaleza y la posición del objeto reflector son fundamentales, pero no lo es menos la naturaleza de la propia señal luminosa; si esta es reflejada, en parte, es porque su propia naturaleza constitutiva lo permite. Si lanzásemos un chorro de pegamento contra ese mismo elemento reflector, no obtendríamos una reflexión del chorro de pegamento, ya que su naturaleza es diferente a la de un rayo de luz. Así pues, se puede ver que la cuestión de la causa total de un suceso determinado es compleja, implicando estados previos y la propia naturaleza de los sistemas que intervienen en la interacción.

Ocurre además, que la elección de la causa de un evento determinado entre los diferentes componentes de la causa total es algo contextual (Mackie, 1980). Cuando buscamos la causa de la rotura de un cristal se suele obviar la fragilidad y se suele optar por buscar un elemento exterior que haya ejercido la fuerza suficiente sobre su superficie como para romper el equilibrio estructural del cristal. En otros casos, puede que nos sea más útil explicar la causa de un suceso por el estado anterior del sistema, como cuando decimos que el bosque ardió por estar seco y descuidado. Se puede observar, por lo tanto, un claro componente pragmático en la elección de la causa. Tal y como afirma Álvarez:

...situar la relación causal entre estados o sucesos de un mismo sistema es definir tal relación (como toda TCT exige), que es un asunto metafísico; y hacerlo prescindiendo de toda referencia a factores externos da como resultado una definición de causalidad arbitraria y claramente incompleta (2008: 32).

Efectivamente, cuando en la TCT se argumenta que el orden temporal es reducible a la causalidad, se está haciendo una afirmación metafísica, y cuando se recurre a describir la causalidad únicamente por los estados previos de los sistemas, la descripción es claramente arbitraria además de presentar cierto componente *ad hoc*. Y es que resulta difícil evitar pensar que la razón por la

cual se ven obligados a definir la causalidad en términos de relaciones endógenas, no es otra que la de fundamentar la relación de causa-efecto a través de la relación temporal antes-después; por lo tanto, nos encontraríamos ante una definición de causalidad claramente circular, que no cumple con los requisitos que el propio Reichenbach establece:

...when we are asked how to distinguish the cause from the effect, we usually say that of two causally connected events, the cause is the one that precedes the other in time. That is, we define causal direction in terms of time direction. Such a procedure is not permissible if we wish to reduce time to causality; (Reichenbach, 1956: 27).

Por otro lado, tal y como se ha podido ver, se introduce la noción de “conectabilidad causal” para poder relacionar aquellos eventos que no estén “causalmente conectados”, esto es, para poder ordenar temporalmente aquellos eventos no genidénticos. Probablemente se pueda afirmar que la mayoría de los eventos son de este tipo, por lo que resulta imprescindible ser capaz de ordenarlos. Una TCT que no sea capaz de ordenar temporalmente sucesos no conectados causalmente como el inicio de La Revolución Francesa (1789), la Revolución Rusa (1917) y el fin de la II Guerra Mundial (1945), no sería una teoría de gran valor. Así pues, en la TCT se pueden relacionar estos eventos si los unos se encuentran dentro del cono de luz de los otros. Con este paso lo que se está afirmando, es que a pesar de que no haya una “conexión causal”, tal conexión habría sido posible. Sin embargo, de nuevo, este procedimiento cae en circularidad y es que la relación de conectabilidad está definida en términos espaciotemporales de separación entre eventos usando como referencia la velocidad de la luz, convirtiéndose así en una noción dependiente de conceptos temporales; fallando en el intento de aportar una fundamentación de las relaciones temporales sobre conceptos causales.

Tras este pequeño análisis de la TCT, han quedado patentes las grandes dificultades para definir las relaciones temporales en términos causales. De hecho, la gran dificultad a superar es conseguir una definición de causalidad

que no dependa de la noción de tiempo. Sin embargo, estas dificultades se podrían interpretar en el sentido de que se está intentando la maniobra a la inversa, esto es, parecería más bien que el tiempo es un concepto más fundamental que el de causalidad. Tal y como afirma Hume (1740), una de las características esenciales de la causalidad es la prioridad de la causa; nadie aceptaría que la causa fuese posterior al efecto. Por ello, parecería que la noción de causalidad es fuertemente dependiente del concepto de tiempo.

1.3.4. Reformulaciones estadísticas de la causalidad.

Posteriormente, Mellor (1988, 1991, 1998) y Tooley (1997), partidarios de la TCT, han tratado de desarrollar la teoría de un modo que evite los problemas de circularidad en la definición de causalidad. Una de las estrategias utilizadas por ambos autores es la de tratar de definir la causalidad en términos probabilistas⁶. En tal enfoque, a diferencia del de una teoría determinista, los factores que habitualmente son considerados necesarios para que ocurra un evento solo pueden otorgar a este una mayor o menor probabilidad. Es por esta propiedad de la probabilidad que Mellor (1988: 234) no puede afirmar que una causa determine su efecto, sino que una causa únicamente incrementa la probabilidad de que el efecto ocurra. Esta noción resulta bastante coherente cuando se analizan casos complejos en los que intervienen multitud de factores, muchos de los cuales rara vez son completamente conocidos. De este modo, consideramos que un evento C , por ejemplo, estar mucho tiempo delante de la pantalla del ordenador, aumenta la probabilidad de provocar E , desarrollar miopía; $P(E|C) = 0'7$. Asimismo, en ausencia de C , no se puede decir que E no fuese a ocurrir, pero en igualdad de condiciones, su probabilidad sería inferior a aquella que habría tenido con la presencia de C ; $P(E|-C) = 0'09$, por ejemplo. Por lo tanto, dado que $P(E|C) > P(E|-C)$, podemos afirmar que está estadísticamente justificado considerar que C es causa de E .

⁶Patrick Suppes (1970), puede ser considerado uno de los primeros filósofos en desarrollar una definición de causalidad probabilista.

Sin embargo, este tipo de relevancia estadística es reversible. Con lo que, si antes considerábamos que C incrementaba la probabilidad de E , resulta que a la inversa también sería estadísticamente correcto, esto es, $P(C|E) > P(C|\neg E)$. De modo que nos encontramos que estadísticamente podríamos afirmar que E , la miopía, incrementa la probabilidad de C , estar muchas horas frente a la pantalla del ordenador. Así, tenemos que estadísticamente la relevancia de causa y efecto son intercambiables. Suppes (1970), soluciona este problema exigiendo que la causa C sea siempre anterior al efecto E . O lo que es lo mismo, Suppes recurre a la asimetría temporal para evitar esta inversión de la relevancia estadística. Esta estrategia, sin embargo, no es aceptable en el contexto de la TCT, dado que en esta teoría se busca exactamente lo contrario, es decir, reducir el orden temporal a orden causal.

Por su parte, Mellor (1998) argumenta que la causalidad de un evento hay que situarla no en el evento mismo, sino en las condiciones previas que lo provocan. De este modo, la probabilidad de que un accidente de coche suceda, hay que situarla en que el coche iba a gran velocidad y no frenó en la curva, lo que a su vez depende de que la persona que conducía había bebido, etc. Esto es, la probabilidad del suceso se sitúa en situaciones anteriores al propio evento que forman una cadena con diversas causas y efectos y crean diferentes probabilidades. En otras palabras, C tiene su propio conjunto de causas y efectos (algunos de los cuales puede que no tengan nada que ver con E) y E también tendrá su propio conjunto de causas y efectos diferentes a los de C y con diferentes probabilidades. De este modo:

For on our causal theory of time order, if C 's B -time is t , E 's must be a later B -time t' . So while E 's chances with and without C depend on the causal properties of particulars at t , C 's chances with and without its causes depend on those of particulars at earlier times; just as the chances of E 's effects depend on those at the later time t' . And then the logical independence of the causal properties that particulars have at different times will stop any of these chances entailing each other (Mellor, 1998: 132).

Con esta estrategia, Mellor evita la intercambiabilidad de la relevancia estadística de causa y efecto. Sin embargo, para conseguir romper esta simetría estadística, necesita basarse en el concepto temporal de anterioridad. Ciertamente, la probabilidad de C depende de otros sucesos, sin embargo, Mellor afirma que dichos sucesos son “anteriores”, introduciendo de este modo un elemento temporal para romper la asimetría estadística. Se puede apreciar que recurrir a la asimetría temporal es la misma solución a la que apela Suppes para fundamentar la asimetría causal. Al incorporar esta solución a la TCT, la convierte en circular.

Tooley (1997) coincide en gran medida con la definición probabilista de Mellor, sin embargo, defiende una concepción más tenue de la relevancia probabilista de la causa sobre el efecto, ya que considera que exigir que la causa aumente la probabilidad del efecto es demasiado. Afirma, que al darse una causa C podría estar interactuando con otras causas más eficaces en la consecución del efecto E , de tal modo que las anulase e hiciese que E resultase menos probable en presencia de C que en su ausencia. Esto es, podría darse el caso en que $P(E|C) < P(E|-C)$. Lo que Tooley exige para considerar que C es causa de E , va a ser que por lo menos C transfiera su probabilidad a E . De tal modo que C es causa de E si se cumple que $P(C) = P(E|C)$. Por lo tanto, Tooley considera que “la dirección causal coincide con la dirección de transferencia de probabilidades” (1997: 59).

Hasta este punto, la concepción de la causalidad probabilista que se presenta no cuenta con ningún elemento diferencial, respecto de las propuestas de Suppes o Mellor, que le permita escapar de la reversibilidad de la relevancia estadística. Tooley trata de esquivar esta dificultad afirmando que la inversión de la relevancia estadística únicamente tendría sentido en un universo estático, un universo en el que todos los eventos son atemporales y en el que, por ello, las causas pueden transferir su probabilidad a los efectos y viceversa. Sin embargo, esto no sería posible en un mundo dinámico en el que pasado y presente fuesen reales, mientras que el futuro no. Si el mundo es dinámico en este sentido, la causa podría transferir su probabilidad al efecto ya que este no está determinado; sin embargo, a la inversa ya no sería posible dado que una

vez que tenemos el efecto, la causa ya es un elemento real del pasado que no puede ser modificado. De este modo, la asimetría ontológica del mundo es lo que da razón de la asimetría de las relaciones causales (Tooley, 1997: 110-117).

De este modo, Tooley, consigue evitar la transferencia de la probabilidad del efecto a su causa recurriendo a la asimetría temporal y ofreciendo así una definición de causalidad que resulta circular en la TCT:

...un tiempo tensed, en el que el presente sólo fluye desde el pasado al futuro, es ya de suyo un tiempo asimétrico. Y si este tiempo así asimétrico es, según Tooley, el que caracteriza a un mundo dinámico, necesario para que la causalidad tenga una única orientación, la asimetría causal tendría como soporte a la asimetría del tiempo y la TCT sería inevitablemente circular (Álvarez, 2008: 38).

Se puede apreciar, que ninguna de las versiones de la causalidad estadística que se han analizado es capaz de ofrecer una definición de causalidad que consiga plasmar la irreversibilidad de los sucesos en términos propios. Para conseguir este objetivo, los autores han tenido que recurrir, de un modo más o menos velado, a la asimetría temporal para justificar la asimetría causal, haciendo que esa noción de causalidad resulte circular. Por lo tanto, una vez más, la TCT fracasa en su objetivo por su incapacidad de fundamentar la asimetría causal sin recurrir a las nociones temporales que pretende reducir.

1.3.5. La teoría causal del tiempo y la reversibilidad.

Llegados a este punto, en el que parece que la TCT no es capaz de dar cuenta de la asimetría temporal, cabe preguntarse si la teoría es capaz de dar cuenta al menos del orden temporal. Hasta ahora, parece que la teoría es capaz de aportar una descripción del orden temporal. Reichenbach (1956), trata de dilucidar la posibilidad de explicar este orden por medio de relaciones causales, mostrando que la definición de “conectabilidad causal” es simétrica: un evento A está causalmente conectado con un evento B si A es causa de B ,

o B es causa de A , o si existe un evento C que es causa de A y de B . El origen de la simetría está en la ausencia de criterio por el que se discrimine la direccionalidad de la causalidad. Así, si una señal de luz conecta dos eventos A y B , resulta que no tenemos modo alguno para poder discriminar la dirección de la causalidad. Esto es debido a que las leyes de la relatividad son invariables respecto a la inversión temporal, o lo que es lo mismo, las leyes son igual de válidas si en vez de usar la variable de tiempo t en positivo, la introducimos con valor negativo e invertimos la dirección de todas las fuerzas. Por lo tanto, si invertimos los conos de luz que definen el pasado y el futuro de un evento, no se alteran por ello las leyes de la teoría de la relatividad; de este modo, el marco teórico de la TCT se queda sin criterio alguno que aporte una dirección determinada a la causalidad.

De hecho, el propio Reichenbach (1956: 32) reconoce que los procesos reversibles (aquellos descritos por la mecánica clásica y la teoría de la relatividad) únicamente son capaces de definir una relación de orden en las relaciones causales, pero no tiene capacidad para aportar una dirección determinada a la causalidad. Esto parece apuntar a que la TCT no es capaz de dar cuenta de la asimetría temporal de un modo autónomo. Por ello, si se pretende que la relación de conectividad causal sea asimétrica, posibilitando la afirmación de que si un evento A es conectable causalmente a B , entonces A es anterior a B , será necesario recurrir a otro criterio que aporte la dirección a los sucesos. Sin embargo, en la TCT no se encuentra más sustento para dicha relación que el de la propia relación temporal antes-después que se pretende definir.

Parece, que la causalidad no sirve como fundamento del tiempo ni de la asimetría temporal, dados los problemas de circularidad en los que caen recurrentemente las diferentes TCT que se han analizado. Considero, que la irreversibilidad del tiempo tiene más que ver con el propio comportamiento del mundo físico. De hecho, los propios proponentes de la TCT parecen apuntar en esa dirección cuando afirman que una cosa es anterior a la otra si esta es su causa. Pero, en los ejemplos que ponen, se da una confusión entre origen y causa, tal y como se puede ver con el célebre ejemplo usado de la

emisión-reflexión-absorción de una señal luminosa. Lo mismo ocurre si consideramos un ejemplo como aquel que afirma que la infancia no es la causa de la pubertad. Este proceso, por el contrario, estaría mejor descrito entendiéndolo como etapas de un sistema, y no como cadenas causales. Así pues, estos ejemplos no lo son de relaciones causales genuinas, sino de procesos irreversibles.

1.4. Irreversibilidad y flecha del tiempo.

Tras el fracaso de la TCT en aportar una definición satisfactoria de la causalidad que no recurriese a conceptos temporales, y sobre todo, tras su fracaso a la hora de aportar un criterio satisfactorio que fundamentase la asimetría temporal, algunos filósofos han creído necesaria la búsqueda de un nuevo sustento teórico que tenga tal capacidad. Parece razonable pensar que la respuesta a esta incógnita se encuentre en el estudio del tiempo mismo. Dado que se ha apostado por una concepción del tiempo relacional en la que este es entendido como medida del cambio, el fenómeno que realmente necesita estudio es el propio cambio y como el cambio en el mundo es un hecho físico, será necesario buscar sustento al hecho de que los sistemas físicos evolucionan de un modo irreversible. Sin embargo, aún hoy, con las sofisticadas teorías físicas que poseemos, como la mecánica clásica, la relatividad general y la mecánica cuántica, seguimos sin poder aportar una respuesta aceptable a este fenómeno. Ocurre que para las grandes teorías físicas la dirección del tiempo carece de importancia, no distinguiendo una dirección predeterminada para la evolución de los sistemas, por lo que en el marco de estas teorías es indiferente que el tiempo transcurra hacia atrás o hacia adelante. Dicho de otro modo, sus leyes son invariantes respecto a la inversión temporal.

La perplejidad que supone el hecho de que las teorías físicas más avanzadas traten los hechos de un modo simétrico en el tiempo, ha hecho que físicos y filósofos hayan buscado en la naturaleza y en las diferentes descripciones que aporta la física el modo de anclar, científica y filosóficamente, la abrumadora experiencia de un mundo que se desarrolla de un modo eminentemente irreversible. Reichenbach, creyó encontrar la respuesta en los procesos irreversibles de la naturaleza:

Irreversible processes are processes such as the mixing of gases or liquids and the passage of heat from bodies of higher to bodies of lower temperature. Processes of this nature are characterized by an increase of entropy, that is, by a tendency toward the disappearance of

existing differences; and the reverse process is excluded, because it would represent a decrease of entropy (Reichenbach, 1956: 31).

Teniendo estos procesos irreversibles como base sería posible definir una dirección temporal, ya que son estos mismos cambios los que hacen que ciertos fenómenos que ocurren de un modo, no puedan volver a su estado inicial, rompiendo así la simetría que caracteriza a las leyes mecánicas. Por ello, observamos que con la evolución del tiempo los objetos suelen romperse, pero nunca se observa que se recompongan; en el mundo se dan constantemente reacciones químicas, pero no se tiene constancia de que se reviertan; los cuerpos con menor temperatura absorben el calor de aquellos con mayor temperatura, pero no se ha observado que un cuerpo con menor temperatura aporte calor a un cuerpo caliente. Así pues, los procesos irreversibles parecen aportar una flecha que va en una dirección determinada, con una secuencia concreta. Autores como Reichenbach (1956) han relacionado los procesos irreversibles con los procesos irreversibles termodinámicos, y son muchos los autores que han intentado hacer depender la asimetría temporal de los procesos irreversibles termodinámicos, esto es, identificar el tiempo con la evolución de la entropía.

1.4.1. La termodinámica.

En nuestra experiencia diaria y a lo largo de la historia, el ser humano, ha tenido un contacto muy estrecho y familiar con el fenómeno del calor, por lo que la física trata de comprenderlo. En los inicios de la ciencia del calor (termodinámica) se consiguió, con un gran esfuerzo intelectual, realizar la distinción entre grado de temperatura y cantidad de calor, siendo lo primero una magnitud “intensiva” y lo segundo “extensiva” (análogo a la distinción “densidad” y “cantidad de materia”). Pronto, en los diferentes desarrollos teóricos se empezó a concebir el calor como una suerte de movimiento de minúsculos componentes del sistema, demasiado pequeños como para ser detectados. La teoría de la termodinámica tomó forma con la llegada de la energía del vapor en la Revolución Industrial de Inglaterra a principios del

siglo XIX, ya que esta traería nuevos retos técnicos para los ingenieros de la época. Con el objeto de calcular la máxima eficiencia de un motor, resultaba vital entender toda la teoría que había detrás de dicho mecanismo. De este modo tan pragmático, nació la termodinámica, pasando a ocuparse de las cantidades macroscópicas como el volumen, la temperatura y la presión del flujo energético (Coveney y Highfield, 1992).

En 1822 Carnot realizó un análisis termodinámico del funcionamiento de un motor de calor idealizado. Dicha idealización consistía en un motor perfectamente reversible, esto es, sin pérdidas irreversibles de calor. Carnot mostró cómo su eficiencia dependía del hecho de que el calor fluye de un cuerpo caliente hacia uno frío. Por lo tanto, la diferencia de temperatura entre las dos cámaras del motor era lo que determinaba el buen funcionamiento de este. Sin embargo, ni tan siquiera en esta máquina ideal la eficiencia podía alcanzar el cien por cien debido al calor que se escapaba por el tubo de escape (Coveney y Highfield, 1992). Esto llevó rápidamente a la idea del cero absoluto de temperatura, de tal modo que un motor pudiese transformar todo el calor introducido en trabajo mecánico útil, sin pérdidas de ningún tipo (Sklar, 1994). Lo cual, a su vez condujo a la inclusión del calor como una energía más y a la formulación de las dos leyes de la termodinámica.

En la aproximación tradicional, la termodinámica clásica cuenta con dos leyes fundamentales. La primera ley es la de la Conservación de la Energía. Esta usa el concepto de energía interna de un sistema, U , que es una función de variables como el volumen. Para sistemas térmicamente aislados, la ley afirma que esta función U , es tal que el trabajo, W , producido por un sistema es compensado por una pérdida de energía interna, esto es: $dW = -dU$. Cuando Joule y otros mostraron que el trabajo mecánico y el calor podían ser transformados el uno en el otro y que eran equivalentes; la consistencia con el principio de conservación de la energía exigía que el calor, Q , considerado como un tipo diferente de energía, fuese tenido en cuenta. Así, para un sistema no aislado extendemos la ley del siguiente modo: $dQ = dU + dW$, donde dQ es el diferencial de la cantidad de calor añadido al sistema.

Por otro lado, Clausius se percató de que, a pesar de que el calor y el trabajo eran transformables el uno en el otro, la disipación generaba una asimetría fundamental en ellos. Así, en principio, cualquier forma de trabajo podría convertirse por entero en calor, pero la disipación hace inevitable que en todo proceso parte de la energía se pierda en forma de calor, ya sea por el rozamiento provocado por las partes móviles del mecanismo o por la conducción de calor que se da entre los propios materiales del motor y su entorno. Por ello, la energía calorífica no se puede convertir, por completo, en trabajo. De este modo, Clausius concluyó que este hecho significaba que la pérdida de calor es irreversible una vez que la energía se disipa, de modo que no puede ser usada de nuevo para generar más trabajo. Posteriormente, Lord Kelvin, modificó la conclusión de Clausius para formular una generalización universal, la Segunda Ley de la termodinámica. Esta ley regula la evolución de los sistemas, estableciendo que todo sistema evoluciona ineludiblemente hacia la degradación del trabajo mecánico en calor, pero no al revés (Coveney y Highfield, 1992).

En 1865 Clausius perfiló la Segunda Ley al distinguir los procesos reversibles e irreversibles introduciendo el concepto de *entropía*: una cantidad que crece inevitablemente con la disipación térmica y alcanza su máximo valor cuando se ha gastado todo el potencial para realizar más trabajo. Según esta versión de la ley, en los procesos reversibles no hay cambios de entropía, mientras que en los procesos irreversibles la entropía siempre aumenta. El siguiente ejemplo ilustra adecuadamente el modo en el que se expresa este concepto de entropía:

Sea un sistema energéticamente aislado. Supongamos que algún calor en él se transforma en trabajo mecánico. Supongamos que el sistema parte de un estado dado. Entonces, al final del proceso no puede encontrarse en su estado inicial. Podría suceder que al final del proceso hubiésemos transformado el trabajo obtenido de nuevo en calor, pero el resultado neto del proceso entero será que, si bien el calor total es el mismo que cuando comenzamos, estará ahora a una

temperatura menor y por lo tanto, menos “dispuesto” a ser convertido en trabajo (Sklar, 1994: 165).

Para comprender la entropía consideremos un sistema aislado ideal, un sistema que no tiene contacto alguno con el mundo externo. Todos aquellos procesos que ocurren naturalmente en un sistema aislado deben estar acompañados por un incremento en la entropía conforme a la Segunda Ley. De este modo, la entropía proporciona una flecha de tiempo para todos los sistemas aislados, ya que irá incrementándose constantemente. Se puede entender que la evolución temporal de un sistema aislado se detiene cuando la entropía alcanza su valor máximo y el sistema se encuentra en su máximo estado de desorden. En este instante, es cuando el sistema ha agotado toda su capacidad de cambio; ha alcanzado el equilibrio termodinámico y según la segunda ley no podrá volver a alejarse de este estado (Coveney y Highfield, 1992). Por ello, este estado también es conocido como “muerte termodinámica”, ya que el sistema ya no tiene capacidad para generar trabajo o cambio.

Por otro lado, existe una ley “Cero” de la termodinámica, la ley de la transitividad entre sistemas. Esta exige que, si poseemos tres sistemas A, B y C, cada uno de ellos en estado de equilibrio, deberá considerarse que cuando se pone en contacto energético a los sistemas A y B, estos regularan su distribución energética para permanecer en el mismo estado de equilibrio. Lo mismo ocurre con los sistemas B y C. Por ello, deberemos considerar que, A y C también permanecerán en sus estados de equilibrio originales cuando se ponen en contacto. Consideremos ahora el nuevo concepto de entropía, el cual está estrechamente relacionado con la posibilidad de generar trabajo mecánico con el calor. De este modo, un cuerpo puede tener una temperatura muy alta y por lo tanto una gran utilidad para generar trabajo (como la llama de un mechero), pero poseer una cantidad de calor baja; mientras que otro cuerpo puede poseer una cantidad de calor muy elevada (como es el caso del mar) y, sin embargo, poseer una temperatura bastante baja y por ello su utilidad para generar trabajo mecánico con ese calor será inferior. Así pues, en el caso del cuerpo que posee una temperatura alta pero una cantidad de

calor inferior tendrá un nivel de entropía menor que el cuerpo que posee una cantidad de calor mayor, pero una temperatura baja. También se establece que los estados de equilibrio de un sistema determinado tienen una temperatura absoluta y una entropía definidas.

De modo que, en caso de tener dos cuerpos en estado de equilibrio, la cantidad de trabajo que se pueda obtener por la transmisión de calor de uno al otro depende de la diferencia de temperatura entre los dos cuerpos. Y únicamente si obtenemos el cero absoluto en el estado final se habrá transformado todo el calor disponible en trabajo mecánico. Sin embargo, en situaciones no ideales, transformar el calor en energía mecánica es un proceso irreversible; dicho de otro modo, en un sistema aislado no es posible transformar la energía calórica en trabajo y después tratar de revertir el trabajo realizado para convertirlo de nuevo en calor dejando el sistema en la situación inicial, listo para generar más trabajo mecánico. Efectivamente, la cantidad de energía calórica con la que se terminará será la misma que con la que se empezó, pero esta ya no estará disponible del mismo modo para crear trabajo mecánico, ya que se habrá disipado en el entorno. De este modo, en un sistema determinado un nivel bajo de entropía indica una buena disponibilidad de su energía para crear trabajo, mientras que un nivel alto, indica una pobre disponibilidad de la energía para generar trabajo mecánico.

Por lo tanto, tal y como se ha visto, las leyes básicas de la teoría termodinámica son la Ley Cero o la transitividad del equilibrio, la Primera Ley o la ley de la conservación de la energía, la Segunda Ley de la Termodinámica, la ley de la irreversibilidad y en ocasiones, también se considera la imposibilidad de alcanzar el cero absoluto como la Tercera Ley.

1.4.2. Fundamentación estadística de la termodinámica.

Muchos físicos afirmaban que la teoría necesitaba una explicación más profunda, ya que aún quedan muchas cuestiones que explicar: se sabía que el calor se podía convertir en energía mecánica, sin embargo el fenómeno del calor no era bien comprendido; tampoco se contaba con las herramientas

adecuadas para explicar la razón por la que los sistemas tenían un calor específico (cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado); no se comprendía por qué los sistemas alcanzaban estados de equilibrio ni la estructura que presentaban; pero ante todo, no se entendía la razón de la asimetría temporal que muestra el mundo cuando se observan aquellos sistemas alejados del equilibrio termodinámico que, en la dirección futura del tiempo, se acercan al equilibrio hasta alcanzarlo y una vez alcanzado permanecen en él (salvo que externamente se intervenga en el sistema aportando energía). De este modo, observamos cómo una barra de hierro caliente va perdiendo calor hasta encontrarse en equilibrio térmico con su entorno y permanece en este estado a menos que actuemos sobre ella de nuevo aportando energía calórica de otra fuente de energía.

En el siglo XIX, la idea de que el calor era un tipo de energía cinética en el que los pequeños componentes de un sistema macroscópico eran sus moléculas, consiguió introducirse con fuerza en la agenda científica. Así, Herepath y Waterson, trataron de explicar el tipo de movimiento que era el calor. Afirmaban que los gases estaban formados por partículas minúsculas que pasaban la mayor parte de su tiempo en movimiento libre, interaccionando entre ellas únicamente a través de colisiones entre ellas y con las paredes del contenedor en el que se encontrasen. Así, el contenido de calor de un sistema era meramente la energía de este movimiento de sus partes microscópicas.

Es de este modo como llegamos a la mecánica estadística. A nivel microscópico el gas consiste en un número inabarcable de moléculas en movimiento, por lo que no nos es posible controlar la energía, ni sus trayectorias, y calcular todas las interacciones individuales que tienen. Sin embargo, a nivel macroscópico, sabemos que es necesaria solo una pequeña cantidad de información para describir las propiedades generales del gas. Esto implica una tremenda reducción de la información, de modo que con la ayuda de la mecánica estadística se trató de hallar el modo en el que se pudiese conseguir la información relevante para esta descripción. La clave para la

consecución de este proyecto es complementar las leyes de la mecánica clásica con los principios de la probabilidad, permitiéndonos de este modo basar nuestros cálculos en porcentajes. Esto se sustentará en dos principios esenciales: a) dado que nunca poseeremos toda la información de aquellos sistemas que estemos analizando, o esta no será totalmente precisa, será necesaria la posibilidad de realizar descripciones probabilísticas también para los modelos newtonianos, dando carácter estadístico a todos los cálculos; y b) debido a que los sistemas macroscópicos están compuestos de un número abrumador de moléculas, los promedios calculados en mecánica estadística tienden a dar una descripción excelente de los sistemas que deseamos describir (Coveney y Highfield, 1992).

Boltzmann

El 1877, el físico austriaco Ludwig Boltzmann formuló la primera definición estadística del concepto de entropía. Previamente, necesitaremos comprender el concepto de “espacio de fases” (variedad diferenciable de dimensión par,

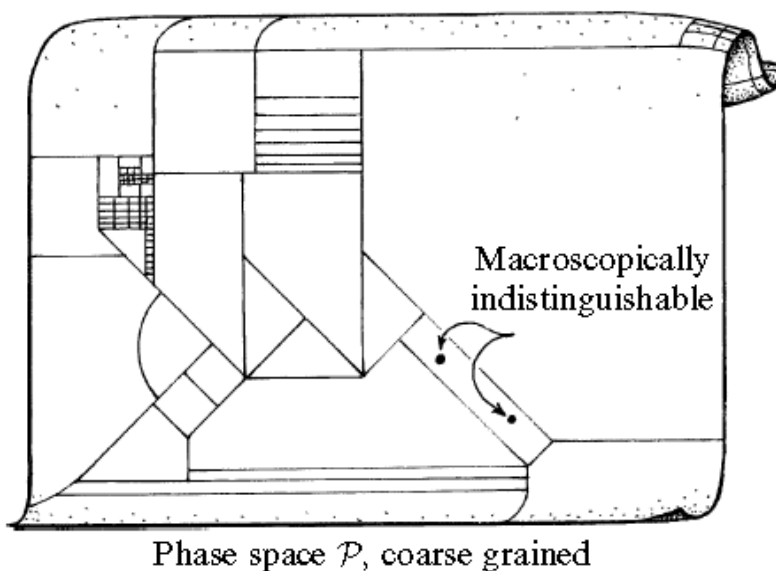


Figura 1.6: Imagen de la división del espacio de fases \mathcal{P} en subregiones, denominadas “cajas” o “granulado grueso” de \mathcal{P} . Imagen tomada de Penrose (2006).

tal que las coordenadas de cada punto representan tanto las posiciones generalizadas como sus momentos conjugados correspondientes), que en un sistema clásico de n partículas, es un espacio P de $6n$ dimensiones, cada uno de cuyos puntos representa el conjunto de posiciones y momentos de todas las n partículas.

Asimismo, para hacer precisa la noción de entropía, necesitamos una idea de lo que se denomina *granulado grueso*. Para ello dividimos el espacio de fases P en un número de subregiones que llamaremos “cajas” (Figura 1.6) (Penrose, 2006: 929). Aquellos puntos que se encuentren dentro de las mismas “cajas” o conjuntos de puntos de P , representan estados del sistema que, macroscópicamente hablando, son indistinguibles entre sí a través de la observación. Sin embargo, sí que serán considerados macroscópicamente diferenciables aquellos puntos de P que se encuentren en cajas diferentes. Boltzmann, define la entropía S para el estado de un sistema x representado como un punto de P , con la siguiente fórmula: $S = k \log V$; donde V es el

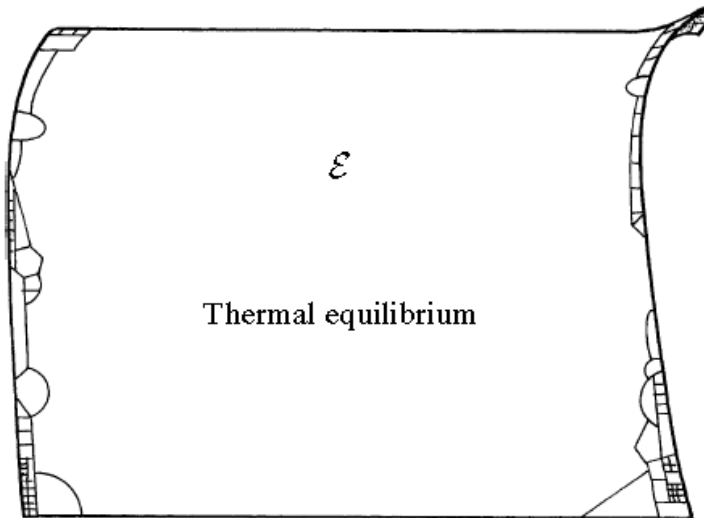


Figura 1.7: La caja ϵ del granulado grueso, representando el equilibrio termodinámico, tiene un volumen E , que es normalmente casi igual al volumen P del espacio de fases entero \mathcal{P} (Penrose, 2006).

volumen de la caja \mathcal{V} que contiene a al sistema x ; y donde k es la “constante de Boltzmann”, que tiene el valor:

$$k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

(Donde J significa julios y K^{-1} es la unidad de temperatura grado kelvin).

El logaritmo en la fórmula de Boltzmann es de gran importancia, ya que no solo hace que las enormes cantidades utilizadas parezcan manejables, sino que además, tiene la función de hacer que la definición de entropía tenga la propiedad de ser aditiva. De este modo, si tenemos dos sistemas independientes con cuales quiera grados de entropía, podremos saber la entropía total de ambos sistemas a través de una simple suma de las entropías de ambos $S_1 + S_2$ (Penrose, 2006: 929-934).

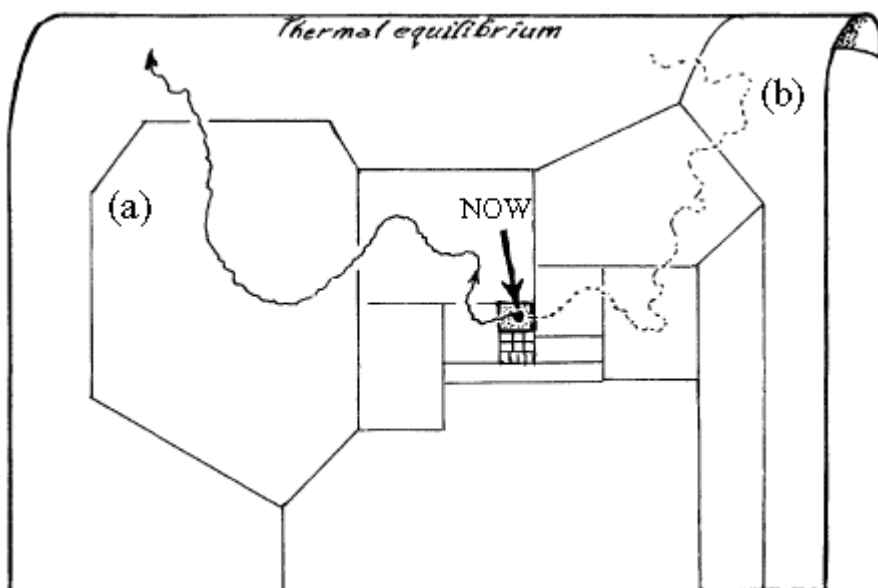


Figura 1.8: Recorte de una región del espacio de fases P donde se aprecia la evolución de un sistema a través de las diferentes cajas. Se ven representadas dos evoluciones posibles del sistema, (a) y (b). La evolución (a) es hacia el futuro, mientras que la (b) lo es hacia el pasado. En el “Now” se representa el sistema por un punto x en una caja \mathcal{V} con volumen muy pequeño V . Debido a las enormes diferencias en los volúmenes de cajas, el sistema entrará con una probabilidad altísima en cajas cada vez más grandes, de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica (Penrose, 2006).

En los sistemas físicos prototípicos suele existir una caja concreta \mathcal{E} (Figura 1.7) del granulado grueso cuyo volumen E supera con creces el volumen de la suma del resto de cajas, teniendo casi el mismo volumen que el espacio de fases al completo. Esta caja representará el estado de equilibrio térmico, mientras que el resto de cajas lo harán de estados alejados del equilibrio. Así, el equilibrio térmico, que es el estado en el que un sistema determinado alcanza el mayor grado de entropía posible para su configuración, con una probabilidad abrumadora se asentaría si es dejado aislado el tiempo suficiente, tal y como afirma la segunda ley de la termodinámica (Penrose, 2006).

Tratemos ahora de comprender el funcionamiento de la segunda ley de la termodinámica a través de un ejemplo. Supongamos que nuestro sistema es el universo en su conjunto. Representaremos a nuestro sistema universo mediante el punto x en un “espacio de fases de granulado grueso” \mathcal{P} (Figura 1.8). La región denominada “Now” es una caja pequeña de grano grueso que será el punto de partida de x . De acuerdo con las ecuaciones dinámicas, x se moverá por \mathcal{P} , y dada la abrumadora diferencia de volumen de las “cajas” que se acercan al estado de equilibrio, en la amplísima mayoría de los casos x pasará por cajas de volumen cada vez mayor. En otras palabras, la entropía del sistema se hará cada vez mayor a medida que avanza el tiempo. “Alcanzar una entropía significativamente menor supondría encontrar un volumen absurdamente más minúsculo, y las probabilidades en contra de ello son inmensas [...] (al menos dentro de una escala de tiempo que no sea ridículamente larga)” (Penrose, 2006: 937). En conjunto, la definición que desarrolla Boltzmann de la entropía junto con las ecuaciones dinámicas apropiadas, parecía aportar la explicación que diese cuenta de la razón por la que un gas fuera del equilibrio evolucionaría hacia el equilibrio y por qué una vez alcanzado, permanecería en él.

1.4.3. La flecha del tiempo y la termodinámica.

Algunos autores creyeron que los desarrollos de la termodinámica aportaban una fundamentación física a nuestra experiencia asimétrica del tiempo y de los procesos que en él ocurren. Entre ellos podemos encontrar a Mach (1912),

Boltzmann (1877, 1897, 1964), Reichenbach (1956), Grünbaum (1963), o Smart (1967) entre otros:

Irreversible processes alone can define a direction of time; but reversible processes define at least an order of time, and thereby supply an asymmetrical relation of causality (Reichenbach, 1956: 32).

Se percataron de que en la naturaleza hay cierto tipo de procesos que poseen una marcada naturaleza irreversible. Fenómenos como el de la mezcla de fluidos, la propagación de ondas, el paso de calor de cuerpos calientes a otros más fríos o las reacciones químicas, son irreversibles, suceden en una dirección y no se observa que el resultado final pueda revertirse. Así, es habitual observar cómo un cuerpo caliente C_1 transmite su calor a otro más frío C_2 hasta que ambos cuerpos igualan sus temperaturas. Sin embargo, no observaremos que ese calor que ha pasado de C_1 a C_2 , vuelva a concentrarse en C_1 enfriando a C_2 . La evolución del universo en algunos modelos también es interpretada como irreversible, pasando de un estado altamente concentrado de energía a su posterior expansión y enfriamiento o muerte térmica. En el ámbito de la vida, no cabe duda de que hay multitud de procesos irreversibles, como lo son las etapas vitales básicas (nacimiento, crecimiento, reproducción y muerte), y todos los procesos bioquímicos sin los que la vida no sería posible. Estos procesos podrían estar indicando la posibilidad de explicar la flecha del tiempo a través de estos fenómenos, o mejor dicho, a través de las leyes y principios que regulan estos procesos.

Con la reducción que realizó Boltzmann de la termodinámica a la mecánica estadística, pareció abrirse una ventana de oportunidad. Y es que, no solo se consiguió una teoría sistemática, sino que el ámbito explicativo de la teoría se vio enormemente ampliado. La teoría, además de explicar los fenómenos térmicos y de transmisión de energía, también era capaz de acoger fenómenos tan dispares como la difusión de gases, mezcla de fluidos, fenómenos de rozamiento, incluso reacciones químicas y nucleares. Este logro científico parecía justificar la creencia en que todos los fenómenos irreversibles de la naturaleza podrían ser explicados a través de las leyes de la termodinámica.

De este modo, se creyó encontrar en la termodinámica la teoría que podría explicar la naturaleza irreversible del tiempo, o su flecha. De manera que la flecha del tiempo se interpretó como una consecuencia de la evolución de los sistemas de estados bajos de entropía hacia estados de entropía más alta, hasta llegar al equilibrio térmico. Si en la experiencia diaria no es posible la inversión temporal, ni observamos sistemas que tras haberse descompuesto espontáneamente se recomponen, es porque la segunda ley de la termodinámica establece que todo sistema que se halle fuera del equilibrio avanzará hacia este, y una vez alcanzado el equilibrio no se apartará de él.

Así pues, con el poder explicativo de la teoría termodinámica parecía abrirse la posibilidad de explicar la irreversibilidad del tiempo a través de los procesos irreversibles de la naturaleza, obteniendo así un mayor sustento científico. De este modo, en la irreversibilidad de la segunda ley, el inexorable incremento de entropía de los sistemas aislados es considerado como el fundamento de la irreversibilidad temporal. Por lo tanto, el pasado de un sistema es asociado con los estados de entropía bajos, cuando el sistema aún se encuentra lejos del equilibrio, mientras que el futuro es asociado con el incremento de entropía de los sistemas. Finalmente, en los estados de equilibrio térmico no hay dirección alguna de tiempo ya que ya no hay posibilidad de que se den cambios. Boltzmann (1964: 402-403) afirma que en el universo no se distingue entre las direcciones del tiempo, por lo que esto, más bien pareciera ser una relación entre la realidad y el modo en el que los seres humanos nos relacionamos con ella. Las personas asociaríamos el término “pasado” con los estados menos probables del sistema (estados de menor entropía), mientras que el futuro sería la dirección en la que los sistemas evolucionan hacia estados más probables (estados de mayor entropía).

Se podría argumentar que considerar la dirección de la evolución de los sistemas hacia estados de mayor entropía como futuro, y la evolución de los sistemas a estados de menor entropía como pasado, es cuanto menos discutible. Y es que, la percepción temporal es algo que en los humanos se da de un modo directo, ya que el conocimiento que poseemos acerca del orden temporal de los diferentes sucesos, no está basado en el análisis de los niveles

de entropía que los sistemas poseen (Sklar, 1995b: 218) sino que, más bien, está basado en la percepción de la sucesión de los diferentes estados de los sistemas, independientemente de que estos evolucionen hacia estados más o menos probables. En cierto modo, nuestra percepción de qué es el pasado y qué el futuro, está basada en nuestros sistemas cognitivos, en la memoria, en nuestra capacidad de realizar inferencias, de establecer relaciones y observar regularidades, y en la capacidad de proyectar/predecir. Pero, si defendemos tal y como hacen Reichenbach (1956), Grünbaum (1963) y Smart (1967), que el tipo de reducción que se trata de realizar, no es tanto una cuestión de aquello que los seres humanos perciben, sino que más bien se trataría de realizar una reducción, no en el sentido de que la dinámica de los niveles de entropía (el incremento habitual de entropía) sean el fundamento físico de la asimetría temporal (pasado-futuro); como cuando, desde un punto de vista filosófico, se afirma que los fenómenos mentales son fenómenos fisiológicos que suceden en el cerebro. Más bien, la reducción que se pretende realizar es del tipo que afirma “las ondas luminosas son ondas electromagnéticas [...] y las mesas son ordenaciones de átomos” (Sklar, 1994: 218). Es este tipo de reducción al que se refieren los partidarios de la teoría entrópica del tiempo. Lo que se afirma es que la asimetría pasado-futuro es igual a la asimetría de la entropía, esto es, ambas son una y la misma cosa.

Por lo tanto, se puede concluir que en aquellos lugares donde se haya alcanzado el equilibrio termodinámico no habrá un sentido temporal pasado-futuro, a pesar de que siguen existiendo dos direcciones opuestas del tiempo: aquella que se dirige a estados más probables (futuro) y la que se dirige a estados menos probables de los sistemas (pasado).

1.4.4. El problema de la recurrencia y la simetría.

A simple vista podría parecer que con la teoría termodinámica se abría la posibilidad de dar el paso a explicar la asimetría temporal en términos de la asimetría que imprime la segunda ley de la termodinámica en la naturaleza. Sin embargo, la noción de irreversibilidad de la termodinámica pronto tuvo serias dificultades teóricas. Si bien, el haber reducido la teoría a la mecánica

estadística le habría aportado una base sistemática importante y la ampliación de su ámbito explicativo, a su vez supuso, de facto, fundamentar la termodinámica en una teoría invariable respecto de la inversión temporal, esto es, en una teoría simétrica. Si la teoría del calor quedaba reducida a los choques y demás interacciones cinéticas entre los cuerpos que componen los gases, no parece haber razón para pensar que estas fuerzas no puedan ser invertidas y actuar en dirección contraria. Por ello, antes de aceptar que la teoría termodinámica tenga la capacidad de aportar una flecha al tiempo, es necesario responder a la siguiente pregunta: ¿es posible reducir una teoría asimétrica, como la termodinámica, a otra teoría de naturaleza simétrica y que la primera siga manteniendo su carácter irreversible?

La nueva formulación se encuentra con la dificultad de superar el problema de la recurrencia, herencia de las leyes de la dinámica clásica y de la concepción del universo como un sistema aislado con un tiempo infinito en el que se conserva la energía, tal y como estipula la Primera Ley de la termodinámica. Básicamente, debido a que en la teoría se concibe a los sistemas siendo compuestos por moléculas que obedecen a las leyes de la dinámica clásica, y en cuanto que un sistema cualquiera que esté aislado en un tiempo infinito y en el que la energía se conserve, debería evidenciar el resultado de Poincaré (1890, 1893). Esto es debido a que un sistema cerrado en el que la energía solo se transforma y no puede escapar del sistema, tendrá un número finito de estados en los que dicho sistema pueda estar. Por ello, en un tiempo suficientemente largo, el sistema llegará a estados arbitrariamente cercanos al estado inicial.

Así pues, resulta que si reducimos el tiempo a los procesos de adquisición de entropía, tal y como prescribe la teoría termodinámica y surgen problemas y paradojas en los fundamentos de esta, estos repercutirán especialmente en el supuesto comportamiento temporal, problematizando así la idoneidad de la teoría entrópica como fundamento de la irreversibilidad temporal y de la naturaleza del tiempo en sí.

Loschmidt (1876), fue el primero en criticar la definición de entropía que propuso Boltzmann. Reparó en que a través de la mecánica clásica no sería

posible probar la segunda ley de la termodinámica, al menos manteniendo su significado original en el que se establece que la entropía siempre aumenta hasta llegar al equilibrio termodinámico del sistema; estado en el que se mantendría, ya que la entropía en un sistema aislado y sin intervenciones externas no podría disminuir su nivel entrópico. Dado que, según la definición estadística de Boltzmann, se conciben los gases como conjuntos de puntos materiales con sus respectivas posiciones y velocidades en cada momento t , y a que estos elementos serán gobernados por las leyes de la mecánica clásica, no hay ningún elemento en la teoría que haga que podamos seguir considerando que esta sigue siendo irreversible, más bien al contrario. Por ello, no hay nada que impida que podamos describir la evolución de un gas hacia estados de entropía más elevados, así como hacia estados de menor entropía. Debido a que la mecánica es invariante ante la inversión temporal (en adelante IIT) (sus leyes no cambian cuando cambiamos el sentido de la evolución de los sistemas), permite que la dirección de las velocidades que actúan sobre cada uno de los componentes del gas en cuestión sean invertidas, dando como resultado la descripción de un sistema que evoluciona hacia estados de entropía más bajos. Esto contradice claramente la segunda ley de la termodinámica.

La consecuencia directa de esta situación es que nos quedamos sin base teórica que garantice que un sistema determinado vaya a evolucionar hacia estados de mayor entropía:

...a proof, that after a certain time t_1 the spheres must necessarily be mixed uniformly, whatever may be the initial distribution of states, cannot be given. This is in fact a consequence of probability theory, for any non-uniform distribution of states, no matter how improbable it may be, is still not absolutely impossible (Boltzmann, 1877: 191).

Boltzmann, responde al problema reconociendo la imposibilidad de establecer determinantemente la irreversibilidad de los procesos de adquisición de entropía. No obstante, afirma que lo que sí se puede aseverar a través de su teoría es que la probabilidad de que los sistemas avancen a

estados de entropía cada vez mayor es abrumadoramente más probable que la situación contraria. Esto es así, porque en los sistemas existen inmensamente más tipos de distribuciones uniformes que tipos de distribuciones no-uniformes, lo cual implica que las condiciones iniciales para conseguir que un sistema alcance una distribución no-uniforme son unas muy específicas, mientras que hay muchísimas más condiciones iniciales para conseguir una distribución uniforme. Se puede ilustrar la situación con el siguiente ejemplo: una baraja de cartas solamente tiene un estado en el que consideramos que está ordenada (distribución no-uniforme); si la barajamos, lo más probable es que cada vez la mezclemos más, alcanzando distribuciones cada vez más uniformes. Según Boltzmann, este suele ser el caso con casi total seguridad, ya que existen muchísimas distribuciones uniformes, mientras que únicamente hay una no-uniforme. Si bien es cierto que cada una de las distribuciones individualmente tiene la misma probabilidad de ocurrir, si consideramos distribuciones uniformes y distribuciones no-uniformes, las primeras tienen una probabilidad mucho mayor de darse, ya que una baraja de 40 naipes tiene aproximadamente $8,1 \times 10^{47}$ combinaciones posibles, mientras que la distribución ordenada solo sería una. Evidentemente, cuanto más complejos sean los sistemas, mayor será el número de distribuciones uniformes posibles.

Este resultado por sí solo es suficiente para derribar las esperanzas de reducir la asimetría temporal a la asimetría termodinámica. Con este estado de cosas tenemos un fenómeno asimétrico como el tiempo que pretendía ser reducido a otro fenómeno que según la comprensión teórica que se posee del mismo, resulta ser simétrico. De este modo, parece ser inevitable concluir que esta reducción ha fracasado, o bien, que al igual que la segunda ley de la termodinámica, el tiempo también es de naturaleza simétrica.

Sin embargo, las dificultades teóricas que se derivan de la naturaleza reversible de la mecánica estadística no terminan aquí. Volviendo a la “Figura 1.8” previamente representada, podremos observar que: si situamos nuestro sistema x en el espacio de fases en la caja “Now” del granulado grueso que representaría el estado presente de nuestro sistema y analizamos la evolución

en dirección al pasado, resulta que, debido a la reversibilidad de la teoría, debemos concluir que nuestro sistema procede, con una probabilidad enorme, de cajas cada vez más grandes así vayamos retrocediendo al pasado del sistema x . Esto es, la segunda ley de la termodinámica se aplicaría tanto a la evolución pasada de un sistema como a su evolución futura. El resultado es que estados de entropía alta son con mucha diferencia más probables; ya sea que consideremos el estado pasado de un sistema, como su evolución futura. Este resultado también debe ser aplicado al universo en su conjunto, lo cual arrojaría el resultado de que nuestro universo proviene de un estado de equilibrio, resultado que contradice claramente los datos que poseemos acerca del pasado de este, así como la experiencia del mundo. En palabras de Penrose:

...lo que parece que hemos obtenido como “evolución más probable” es que el gas empezó disperso por todo el recipiente, efectivamente en equilibrio térmico, en algún instante anterior a t_0 , y luego se concentró espontáneamente cada vez más... (Penrose, 2006: 939).

Dicho de otro modo, el problema radica en que considerando un sistema x que está en un estado alejado del equilibrio termodinámico en un momento t_2 , es inmensamente probable que: (1) el sistema evolucione hacia otro estado más cercano al equilibrio en t_3 ; pero debido a que la mecánica clásica es IIT, también es abrumadoramente probable que (2) el estado de x en t_2 haya evolucionado desde un estado más cercano al equilibrio en t_1 . El problema teórico surge por la amplia evidencia que tenemos de que los estados de baja entropía de los sistemas aislados, no suelen tener su origen en estados de alta entropía, en contra de lo que parece implicar la teoría.

No obstante, veamos qué es lo que esto supone en la práctica. Supongamos, por ejemplo, que tenemos un vaso con agua en el que hemos derramado tinta de color y que la hemos mezclado. Consideremos que nuestro vaso en el momento t_1 ya contiene la tinta, pero esta aún no se ha mezclado del todo con el agua del vaso. A través de la mecánica estadística la teoría nos ofrece una predicción acertada sobre la evolución del sistema en t_2 , el agua y la tinta

del vaso están más mezclados que en t_1 . Sin embargo, si tratamos de realizar una retrodicción para conocer en qué estado se encontraba el sistema antes de t_1 , la teoría arroja el resultado de que en t_0 el agua y la tinta estaban más mezcladas que en t_1 . Lo cual, evidentemente, contradice nuestra experiencia de que cuanto más retrocedemos en el tiempo, menos mezcladas están la tinta y el agua del vaso. Es más, tal y como señala Albert (2000: 78-80), si volvemos a tratar de retrodecir el estado de la mezcla de nuestro vaso en t_1 desde su estado en t_2 , resulta que la teoría también afirmará que en t_1 el agua y la tinta estaban más mezcladas que en t_2 generando una contradicción.

Después del ejemplo expuesto, se hacen evidentes los graves problemas teóricos y prácticos que genera la definición estadística de la segunda ley de la termodinámica. Queda claro que arroja resultados claramente falsos, llegando a entrar en contradicción con los supuestos iniciales del sistema, además de no obedecer una de las observaciones más evidentes que poseemos, que es que nuestro universo proviene de un estado de entropía más bajo que el actual y que cuanto más retrocedemos en el tiempo, más bajo es. Así, tenemos que:

The traditional problem is not merely that nomologically possible (anti-thermodynamic) behavior does not occur when it could. That is not straightforwardly a problem: *all sorts* of nomologically allowed processes do not occur. Rather, the problem is that statistical mechanics seems to make a prediction that is falsified, and that is a problem according to anyone's theory of confirmation (Callender, 2011).

Por otro lado, como señaló Zermelo (1896a, 1896b), la teoría de Boltzmann tenía otro problema si pretendía plasmar la naturaleza irreversible de la termodinámica (previa a la reducción a la mecánica estadística). Resulta, que tal y como demostró matemáticamente Poincaré (1890, 1893), todo sistema aislado que pueda ser descrito por la mecánica clásica, en el que el espacio total en el que está contenido es finito y con una energía total finita, en un tiempo suficientemente largo, retornará a su estado inicial, o a uno

arbitrariamente cercano. Debido a que en las leyes de la mecánica no hay nada que dé carácter asimétrico a los procesos, esto indica que un proceso y su inverso son igualmente posibles; como hemos podido ver, Boltzmann basa la irreversibilidad del aumento de entropía en que hay muchos más estados de mayor entropía. Sin embargo, limitar espacio y energía y no poner límites al tiempo, implica que por muchos estados de entropía alta que haya o incluso de equilibrio térmico, los movimientos de los componentes del sistema acabarán pasando por todos los estados posibles del mismo una y otra vez, violando claramente el supuesto carácter irreversible de la segunda ley de la termodinámica.

De modo que cualquier sistema mecánico-clásico que se halle en un espacio finito, con total seguridad, retornará una y otra vez hasta el infinito a su estado inicial arbitrariamente, provocando que la nueva noción estadística de la entropía ya no pueda interpretarse de un modo irreversible. Pero veamos qué es lo que esto implica:

1. Una gota de leche vertida en una taza repleta de café, en una habitación totalmente aislada, en último término se recogerá y saltará de nuevo fuera con probabilidad uno.
2. Un vaso lleno de agua, el cual se nos caiga de la mesa y se rompa contra el suelo en una habitación totalmente aislada, acabará por invertirse; el agua volverá al vaso, que se recompondrá y volverá a su estado inicial en la mesa con probabilidad uno.
3. Dos barras de hierro en la que una ha calentado a la otra hasta igualar sus temperaturas, en un recipiente totalmente aislado, acabarán por invertir el proceso y veríamos cómo el calor va pasando de una barra a la otra, resultando que la barra menos caliente transfiere energía calórica a la barra caliente, hasta alcanzar cada una a su estado térmico inicial de diferentes temperaturas, con probabilidad uno.

Así pues, las implicaciones que esto tiene son realmente importantes si lo que se pretende es dar cuenta de la experiencia de la irreversibilidad de la

naturaleza. Sin embargo, lejos de encontrar un fundamento de esta asimetría, resulta que:

And so it ineluctably follows from the Newtonian laws of motion and the best version we currently have of the postulate about statistics that (1) the entropy of any thermodynamic system in any macroscopic condition is exactly as likely to be *decreasing* as it is to be *increasing*; and that (2) the number of entropy-decreasing segments and the number of entropy-increasing segments of the full history of any individual thermodynamic system which is permanently isolated and permanently confined to some particular finite region of phase space will, with probability one, be *equal* (Albert, 2000: 76).

Por lo tanto, la consecuencia directa de haber reducido la termodinámica a la mecánica estadística, que es una teoría IIT, es que la termodinámica en última instancia deviene a su vez IIT. De modo que, extrapolando estas conclusiones a la justificación de la flecha del tiempo, resulta que de nuevo nos hemos quedado sin fundamento para la misma. La imagen del tiempo que resta es la de un sistema que pasa por todas sus configuraciones posibles para recurrir en dicho ciclo una y otra vez hasta el infinito. Estaríamos hablando de un tiempo circular, en el que la noción antes-después se desdibuja. Del mismo modo, si el tiempo es circular y todos los procesos son reversibles, consecuentemente, la causalidad también será circular, acabando con la posibilidad de diferenciar las causas de los efectos.

Consideremos un momento el teorema de la recurrencia de Poincaré. No cabe duda de que formalmente, aceptando sus premisas, la conclusión a la que se llega es irrefutable. Sin embargo, esto es así en el ámbito formal, generalmente lo suficientemente alejado de la realidad como para considerar que todas las conclusiones matemáticas se siguen en el mundo. En primer lugar, el teorema se da con los presupuestos de la mecánica clásica, hoy por hoy superada, por lo que es de esperar que la imagen de la realidad que se arroja desde la teoría sea parcial y simplificada (al igual que con todas las teorías científicas, si bien en diferente medida). Por ello, no se puede esperar

una correlación exacta entre teoría y realidad, pero sí aproximaciones más o menos buenas en ciertos ámbitos. La realidad no es matemática, si bien, es interpretable mediante ella a través de la abstracción y la simplificación, pero no es legítimo olvidarnos de este hecho y obviar el salto que hay que dar para identificar el mundo matemático con el mundo real. Matemáticamente, podemos afirmar que todo proceso es reversible y que todo sistema aislado, con energía limitada y en un tiempo infinito, es recurrente. En el mundo real no podemos ignorar las cadenas causales que traen las cosas a la existencia, que las integran y desintegran, que rigen la evolución, etc. Por ello, en la práctica, consideramos que, si metiésemos a una persona adulta en una habitación aislada por toda la eternidad, esta persona después de morir no recurriría y volvería al estado inicial en el que se encontraba en el momento de entrar en la habitación. Esto es así, porque para que esta persona exista han sido necesarias innumerables cadenas causales que lo han configurado como individuo: sus progenitores, sus interacciones, sus recuerdos, sus habilidades desarrolladas por la práctica, etc. Nada de esto se puede dar dentro de la habitación aislada, por lo que no creo que en este caso la recurrencia fuese posible. Por todo esto, considero que pensar que el teorema de Poincaré representa un modelo realista del comportamiento de la realidad tiene un componente de idealismo y formalismo muy pronunciado.

1.4.5. La solución cosmológica.

Así pues, nos encontramos con el problema de dar cuenta de la “flecha del tiempo” termodinámica. En caso de pretender superarlo, será necesario abordar las cuestiones que señala Reichenbach en su clásica obra *The Direction of Time*:

The problem which the physicist faces can be formulated as follows. The elementary processes of statistical thermodynamics, the motions and collisions of molecules, are supposed to be controlled by the laws of classical mechanics and are therefore reversible. The macroprocesses are irreversible, as we know. How can this irreversibility of macroprocesses be reconciled with the reversibility of

microprocesses? It is this paradox which the physicist has to solve when he wishes to account for the direction of thermodynamical processes and for the direction of time (Reichenbach, 1956: 109).

Para solucionar estas incongruencias entre los resultados que se deducen de la teoría y la observación, Boltzmann (1896, 1964), aporta un modelo cosmológico. Propuso un universo coherente con la teoría física, por lo que debería de ser reversible. Asimismo, dado que la teoría de la probabilidad establece que el estado más probable es el de equilibrio térmico, concluye que el universo en su totalidad se encuentra en este estado. Sin embargo, la segunda ley de la termodinámica es probabilista, por lo que en grandes periodos de tiempo se darían fluctuaciones que alejarían ciertas regiones del universo del estado de equilibrio general. Con este supuesto, Boltzmann supone que nuestra región espacial es una de esas zonas que debido a una fluctuación se han alejado del estado del conjunto del universo, solucionando así la inadecuación empírica de que no observemos en nuestro entorno que el universo se encuentre en estado de equilibrio térmico.

Boltzmann describe un universo en el que no existe una dirección privilegiada, pero en el que, en ciertos momentos y en zonas concretas se puede tener la noción de antes-después debido a las fluctuaciones estadísticas del sistema. A su vez, especula con la posibilidad de la existencia de vida inteligente en aquellas regiones del universo que estén evolucionando a estados de entropía más baja. Sostiene que a pesar de que la evolución de dichas regiones esté invertida respecto a la nuestra, sus habitantes seguirían identificando la dirección temporal del mismo modo que nosotros, equiparando el pasado con los estados de entropía baja y el futuro con los estados de entropía alta.

Sin embargo, este modelo de universo no deja de sorprender. Si el estado normal del universo es el de equilibrio termodinámico, entonces todo lo que conocemos no sería más que una rara fluctuación estadística que aleja, durante un breve periodo de tiempo, una pequeña parte del universo de su eterno equilibrio. Pero lo más sorprendente, es que para llegar al improbable

estado en el que se encuentra en estos momentos el universo y para ser coherente con nuestros recuerdos, con el fondo de radiación de microondas, con el Big Bang y la expansión del universo, se tendrían que haber concatenado una serie sumamente improbable de configuraciones de este. Y tal y como han mostrado algunos autores, sería mucho menos improbable que el estado actual del universo hubiera sido producto de una fluctuación dentro del estado de equilibrio que llevase directamente al estado presente de las cosas, sin llegar a un estado de entropía tan bajo como el Big Bang (Price, 1996: 35; Lebowitz, 1994: 142). Así pues, esta concepción del universo pone en tela de juicio la veracidad de nuestros recuerdos y todas las inferencias realizadas a través de lo que entendemos que son cadenas causales que discurren de un pasado lejano hasta el presente (fósiles, estratos geológicos, la evolución de las especies, etc.). Pero lo más relevante es que esta situación pone en riesgo todo el conocimiento del que disponemos, tanto el cotidiano como el científico:

...si usted no puede confiar realmente en sus recuerdos y registros, entonces tampoco puede confiar en las leyes de la física. Su validez se asienta en numerosos experimentos cuyos resultados positivos están atestiguados solamente por esos mismos recuerdos y registros. Así que todo razonamiento basado en la simetría bajo inversión temporal de las leyes aceptadas de la física quedaría totalmente destruido, minando con ello nuestra comprensión de la entropía y la base entera de la discusión actual (Greene, 2010: 221).

Por otro lado, la propuesta de Boltzmann falla debido a que hasta el momento no se ha realizado ninguna observación de alguna región del espacio que muestre una evolución hacia estados de entropía más bajos. Parece razonable que a finales del siglo XIX y a inicios del siglo XX cupiese la posibilidad de que fuera de nuestra galaxia hubiera alguna región que mostrase este comportamiento, dado el desarrollo de las tecnologías para la exploración espacial. Sin embargo, hoy día tenemos un conocimiento mucho más amplio y ha sido posible observar, con instrumentos como el telescopio Hubble, que nuestra galaxia pertenece a un cúmulo de galaxias y que este, a su

vez, se encuentra en un supercúmulo de galaxias. Sin embargo, sigue sin haber señales que indiquen la existencia de fluctuaciones en alguna región del universo. Por el contrario, parece haber evidencia de que el universo se esté expandiendo, lo que junto con el fondo de radiación de microondas, refuerza la teoría de que el universo proviene de un estado de entropía muy bajo.

Para evitar estos problemas, físicos como Albert (2000), Penrose (2006) y Carroll (2010), consideran que el único modo de evitar las paradojas de la simetría es estableciendo el inicio del universo en un punto de entropía extremadamente baja. Como se ha podido ver, los problemas surgen al considerar los posibles estados previos de los sistemas de entropía baja. Cuando consideramos la procedencia de la baja entropía de un sistema determinado, el de un gas, por ejemplo, la teoría nos dice solo cómo tendría que comportarse dicho gas si lo hubiéramos encontrado en un estado de entropía baja. Sin embargo, en la práctica nunca encontramos los gases en ese estado, a no ser que deliberadamente hayan sido dispuestos de ese modo, por lo que, en este caso, si consideramos toda la imagen y no nos quedamos con el artefacto ideal de la teoría, no deberían surgir paradojas. Pero en el caso del universo es diferente, este sí que parece tener su origen en un estado de

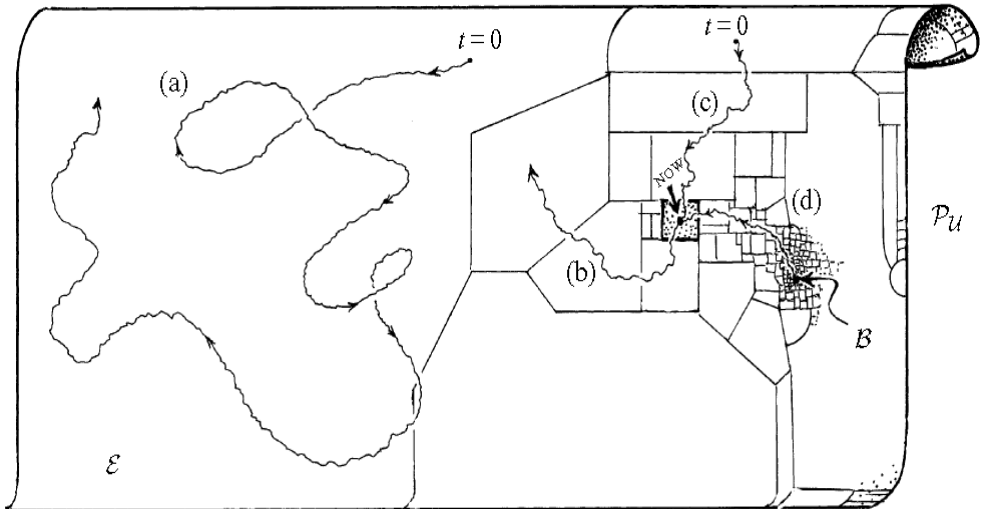


Figura 1.9: Diferentes evoluciones posibles del universo, descritas por una curva parametrizada ξ en el espacio de fases P_u de los posibles estados del universo. Imagen tomada de Penrose (2006).

entropía muy bajo. Por lo tanto, para librarse de estas paradojas y adecuarse a la observación, se establece el Big Bang como el primer punto de baja entropía que dará fundamento al comportamiento asimétrico del mundo que describe la termodinámica.

Veamos ahora cómo debe situarse nuestra curva parametrizada ξ , que representa una posible historia del universo, en el espacio de fases $P//$ (Figura 1.9). En la figura se puede observar que, si lanzamos un sistema cualquiera al espacio de fases, lo más probable es que caiga en la zona de equilibrio térmico, donde permanece la mayor parte del tiempo (1.9 a). Por otro lado, si situamos el punto x en la caja de grano grueso llamada “Now”, que sería el estado presente del sistema x , sin establecer unas condiciones iniciales determinadas, la curva ξ en este caso mostrará una evolución (1.9 bc) a estados de alta entropía tanto en la dirección futura como en la pasada del sistema. Pero, si situamos el inicio del sistema x en la pequeña caja de granulado grueso β , se observa que la curva trazada por ξ discurre exclusivamente de un estado de baja entropía en β , pasando por una región intermedia “Now” que representa el estado actual del universo y para la que se le predice que siga evolucionando hacia estados de mayor entropía hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Como se puede observar, simplemente situando el inicio del sistema en β , se consigue que la curva ξ que realiza x sea coherente con la irreversibilidad que observamos en el mundo, ya que, al haber comenzado en esa caja de granulado grueso que representa un estado de entropía muy bajo, en su evolución futura no le queda más opción que ir accediendo a cajas cada vez mayores. Pero, a la inversa, sigue ocurriendo lo que esperaríamos según la experiencia; debido a que la curva tiene que llegar a β , ξ no tiene otra alternativa que ir pasando progresivamente de cajas más grandes a otras más pequeñas, debido a la posición de β que está rodeada por cajas que se hacen sucesivamente más pequeñas.

La caja de granulado grueso β representa el inicio del universo o Big Bang, ese estado de baja entropía en el que se encontraba el universo antes de

comenzar su expansión. La teoría del Big Bang cuenta con tres importantes razones para considerarla como un modelo adecuado del inicio del universo. En primer lugar, un estudio teórico de la ecuación de Einstein en un contexto cosmológico realizado por Alexander Friedmann, apuntaría en esta dirección. En segundo lugar, el descubrimiento realizado en 1929 por Edwin Hubble, de que las galaxias lejanas se están alejando de un modo similar a como lo harían tras una gran explosión. Esto pudo ser deducido gracias a que los objetos que se alejan a gran velocidad tienen un desplazamiento hacia el rojo debido al efecto doppler; desplazamiento que pudo ser observado en las galaxias. No obstante, la prueba observacional más importante que apoya la teoría del Big Bang ha sido el descubrimiento del fondo de radiación de microondas. Esta radiación tiene una temperatura media de 2,7 K y llena todo el espacio de un modo asombrosamente uniforme, indicando que el universo en los estados inmediatamente posteriores al Big Bang también lo era. Se considera que esta radiación es el eco que resuena del gran evento que supuso el Big Bang (Penrose, 2006: 947).

Sin embargo, existe un evento en el que al igual que en el Big Bang la materia se encuentra concentrada en un punto muy pequeño, pero en este caso debido a la atracción gravitatoria de la masa de la materia. Al igual que consideramos que un gas que se encuentra concentrado en una región tiene una entropía baja, podríamos trasladar el ejemplo a las grandes agrupaciones de materia y considerar que, cuando la materia se encuentra concentrada en un lugar, estaríamos ante un sistema de baja entropía. Pero, cuando tomamos en consideración el efecto que tiene la gravedad, resulta que la entropía máxima del sistema se alcanza cuando toda la masa se concentra en un lugar, dando origen a un “agujero negro”: una región del espacio-tiempo que colapsa como resultado de la enorme concentración de masa que se da en un espacio muy reducido. Como consecuencia, la atracción gravitatoria se hace tan grande que ni tan siquiera la luz puede escapar de su campo gravitatorio (de ahí que sean llamados negros). Generalmente, los “agujeros negros” tienen su origen en la muerte de estrellas masivas (unas diez veces la masa del Sol), las cuales van consumiendo su combustible y fusionando átomos de hidrogeno en compuestos cada vez más pesados, hasta que alcanzan una

etapa en la que ya no disponen de energía suficiente para contrarrestar la presión que la propia masa de la estrella genera, de tal modo que implosionan, dejando tras de sí un “agujero negro”. Llegados a este punto, todo aquello que se acerque lo suficiente no podrá escapar de su influencia gravitatoria y será engullido. Sin embargo, como iba diciendo, la naturaleza de los “agujeros negros” es muy diferente a la del estado inicial del universo:

Aunque un agujero negro no se parece a la materia ordinaria en equilibrio térmico, comparte con ella la propiedad clave de que números enormes de estados microscópicamente distintos llevan a algo que puede describirse con muy pocos parámetros. Por esta razón, la caja de grano grueso en el espacio de fases correspondiente es realmente inimaginable, y los agujeros negros, en consecuencia, tienen entropías enormes (Penrose, 2006: 960).

Así pues, Penrose parece sugerir que, la flecha termodinámica del universo discurre de un nacimiento explosivo en una singularidad de entropía increíblemente baja, pasando por un periodo intermedio de expansión y agrupación por el efecto gravitatorio, para acabar muriendo en un “agujero negro” súper-masivo, en el que el universo alcanzaría su nivel máximo de entropía y del que no podría alejarse. Una hipótesis que se baraja (si es que el universo resulta ser cerrado), es que el universo en el futuro alcanzará su entropía máxima cuando toda la materia se halle en agujeros negros y estos acaben por confluír en un masivo agujero negro (Big Crunch), alcanzando de este modo el nivel máximo de entropía para nuestro universo.

Price (1995, 1996, 2002), critica este punto de vista, en el que se establece una diferencia radical entre la singularidad inicial que tendría una entropía extremadamente baja (el Big Bang) y la singularidad final con el que el universo alcanzaría su nivel máximo de entropía (el Big Crunch). Según Price, para poder establecer esta diferencia se procede de acuerdo a un “doble criterio” temporal, según el cual, aquello que no sería aceptable para una dirección temporal, es aceptado sin mayor justificación para el sentido contrario de los acontecimientos. Esto se puede apreciar en que, si invertimos

el proceso que nos lleva del Big Bang al Big Crunch, resulta que la imagen que nos queda es indistinguible. El Big Crunch a la inversa se convierte en ese gran estallido que origina el universo y el Big Bang deviene el fin entrópico del universo (Price, 1996: 83-84). De este modo, Price trata de mostrar que entre los eventos que dan origen y fin al universo, no se aprecia una diferenciación que justifique que se les adjudique una naturaleza tan opuesta, únicamente debido a la localización temporal de cada uno de los eventos. Así, en los modelos cosmológicos actuales, la singularidad inicial y la singularidad final tienen características muy diferentes. En la singularidad inicial, se considera que la entropía es muy baja; además en esta etapa, la materia del universo debe estar distribuida muy homogéneamente, pero no demasiado, ya que de ser este el caso, las galaxias no podrían haberse formado. Pero, en el caso de haber sido un poco menos homogénea, el resultado habría sido que la materia se habría agrupado prematuramente desembocando en la rápida generación de agujeros negros. Por el contrario, se considera que la singularidad final debe tener una entropía muy alta, además de una distribución heterogénea.

Hoy día la física parece apuntar hacia un final del universo en una singularidad heterogénea y de una entropía muy alta, razón por la que Price (2002) afirma que lo que debe ser explicado es por qué la singularidad inicial tiene unas características muy poco probables según la teoría, por lo que dicha condición inicial no es aceptable sin una explicación. Esto, sin embargo, contrasta con el hecho de que la teoría inflacionaria trata precisamente de aportar una explicación de esta homogeneidad inicial, entre otras cuestiones, de las que el modelo estándar no consigue dar cuenta. Según la teoría inflacionaria, tras el Big Bang la inflación borra las condiciones iniciales, las partículas que existían, y los defectos topológicos se diluyen en la expansión. Las nuevas partículas que se generan se reparten homogéneamente, “existirán, sin embargo, las fluctuaciones cuánticas en los horizontes de sucesos formados transitoriamente durante la inflación, que se plasman en la anisotropía de la radiación de fondo y que son las semillas de las futuras estructuras que formarán el universo” (Cepa, 2007: 314).

Pero, ¿Por qué aplicar estas condiciones iniciales a la singularidad que da inicio al universo y no a la final? Este es precisamente el punto que enfatiza Price, ya que cualquier argumento para justificar la alta entropía del universo en su fase final, debería servir igualmente para argumentar la alta entropía del universo en su fase inicial:

We note that there is no objective sense in which this reverse way of viewing the universe is any less valid than the usual way of viewing it. Nothing in physics tells us that there is a wrong or a right way to choose the orientation of the temporal coordinates. *Nothing in physics tells us that one end of the universe is objectively the start and the other end objectively the finish* (Price, 1995: 70).

Por lo tanto, deberá explicarse en qué consiste la diferencia entre una singularidad inicial y una final, que justifique que tengan una distribución y niveles de entropía tan diferentes. Considero que Price, está obviando una cuestión fundamental, que es la adecuación de la teoría a los datos que poseemos del mundo. Lo relevante de una teoría científica es su capacidad de dar cuenta de la experiencia, de modo que una teoría es tan buena como su capacidad de explicar nuestra experiencia. Desde este punto de vista, no tiene sentido invertir los papeles de la teoría-experiencia, de tal manera que si la experiencia no se adecua a las predicciones que arroja una teoría determinada, sea interpretado como un error de la interpretación de la realidad y no como una limitación de la propia teoría.

De hecho, esta interpretación de las teorías lleva a Price (1996) a afirmar que, dado que la física no favorece una dirección temporal sobre otra, no existe una dirección temporal y esta sería una ilusión producto del modo en el que nos relacionamos con el mundo. Este proceder implica una desconfianza total de la experiencia que tenemos del mundo a favor del conocimiento teórico. Esto, irremediablemente, nos llevaría a desconfiar de nuestras teorías, que en último término han podido ser desarrolladas gracias a la experiencia. Por este motivo, mientras no se posea una teoría mejor que no genere las paradojas que hemos discutido, el procedimiento más razonable parece ser el

de añadir unas condiciones iniciales a la teoría, de tal modo que esta se adecue a los datos de la experiencia.

Por otro lado, la teoría inflacionaria, con la que se podría dar cuenta del origen de la flecha termodinámica, se puede considerar que está en un estado de desarrollo que posee cierto cariz *ad hoc*, situación que podría ser atenuada, si como propone Sklar (1993), se proporcionase una explicación de las condiciones iniciales que se atribuyen a la naturaleza del universo temprano. Asimismo, también estoy de acuerdo con Sklar (1995a) en que para poder completar la imagen del mundo, es necesaria una comprensión de qué condiciones iniciales serían esperadas con alta probabilidad y cuáles no. Pero, como afirma Callender (2004), el problema de la justificación de los postulados iniciales no es un problema únicamente de la cosmología o de la física, sino que toda ciencia necesita unos supuestos que no puede contrastar directamente. Por otro lado, hay que tener en cuenta que el estado actual de la cosmología física es bastante precario, por la juventud de la disciplina y por la enorme dificultad que representa el objeto de estudio. Es evidente, no es posible observar cómo se desarrollan otros universos; solo contamos con este, y no es posible revertir su estado para observarlo y experimentar con él. Por ello, no es de extrañar que en ocasiones tenga un alto grado especulativo en sus desarrollos y que sea extraordinariamente complicado justificar las condiciones iniciales. Pese a estas dificultades, tal y como se ha mencionado anteriormente, el conocimiento que se posee del estado temprano del universo presupone una serie de teorías: mecánica cuántica, relatividad general, y de la observación a través de radiotelescopios y telescopios ópticos. Por lo que, existen datos suficientes como para considerar razonable que el estado inicial del universo poseía un nivel entrópico muy bajo, a pesar de que esto no sea probable según lo que establece la mecánica estadística. Por otro lado, es posible que tal y como afirma Earman (2006), la teoría de Boltzmann podría no ser capaz de describir aceptablemente los estados del universo, por no incluir la gravedad en el sistema:

Moreover, there are good reasons for thinking that the alleged solutions to these problems that invoke the Past Hypothesis is badly

flawed. The initial state of the universe can have a low Boltzmann entropy only because of the gravitational contribution to the entropy budget. But there does not exist at present, and probably cannot exist, a Boltzmannian statistical mechanics for gravitating systems as described by classical general relativity theory, and as a result, the Boltzmannian entropy of the universe is an ill-defined concept (Earman, 2006: 427).

Parece que no será posible una definición adecuada de entropía mientras no se cuente con una teoría de la gravedad cuántica, dado que en las singularidades inicial y final, la gravedad tiene una influencia fundamental cayendo de este modo dentro del ámbito de la TRG. Sin embargo, el estado del universo en estos extremos de su evolución es tan reducido, que es necesaria la teoría cuántica para realizar una descripción adecuada. Por el momento, no se conoce el modo en el que combinar ambas teorías, por lo que las teorías más potentes que conocemos fallan a la hora de arrojar resultados en ambos extremos de la historia del universo. Esta situación podría cambiar si alguna de las teorías de la gravedad cuántica, como la teoría de cuerdas o la teoría de la gravedad cuántica de bucles, consiguen superar sus dificultades y logran establecerse como una teoría física productiva.

Tras el estudio realizado, se puede apreciar que la termodinámica tiene serios problemas teóricos aún por resolver. Considero, sin embargo, que esta situación es transitoria y que más tarde o más temprano existirá la posibilidad de establecer una teoría capaz de despejar estas incógnitas. Pero, aún en el supuesto de que se superen las dificultades teóricas, no significaría que debamos aceptar que el proyecto de reducir la flecha del tiempo a la flecha termodinámica de Boltzmann, Reichenbach, Grünbaum y Smart haya sido realizado. Para ello, se deberá aceptar que todo proceso irreversible de la naturaleza es un proceso de incremento de entropía, afirmación que a mi parecer es excesiva. Con esta afirmación no se pretendería negar que, en último término, los procesos irreversibles tengan que comportarse de acuerdo con las leyes físicas de la termodinámica, cosa que pocos negarían, sino que se estaría afirmando que todo proceso irreversible es descriptible en su totalidad

en términos de incremento de entropía. Sin embargo, tanto los procesos mentales como los biológicos podrían ser ámbitos que cayesen fuera del marco explicativo de la termodinámica. No cabe duda de que estos procesos tienen como base reacciones químicas susceptibles de ser explicadas por la termodinámica, pero esta teoría no parece suficiente para dar razón de fenómenos irreversibles como el aprendizaje, el pensamiento, la percepción, las emociones, las mutaciones biológicas, la enfermedad, etc. Es más, no parece plausible que, en el hipotético caso de solucionar los problemas teóricos de la termodinámica, esta fuese capaz de describir en su totalidad estos procesos.

No parece pues, que la irreversibilidad temporal pueda ser reducida a los procesos irreversibles termodinámicos. No, mientras no se solucionen los problemas teóricos que terminan por negar la existencia de aquello que se pretende explicar (la irreversibilidad). Por otro lado, debería especificarse cuál de los varios conceptos de entropía que se han dado será el que defina finalmente la flecha temporal. Podría ser el concepto originario de la termodinámica, según el cual la entropía es la disponibilidad de la energía para generar trabajo; o el concepto de entropía desarrollado por Boltzmann, definido como el paso de los sistemas de estados poco probables a configuraciones más probables; o, por el contrario, se podría optar por utilizar la definición de entropía como desorden; o puede que debamos esperar a una definición futura en la que el efecto de la gravedad sea introducido exitosamente. Esta variedad de definiciones nos lleva a otra cuestión; cuando se afirma que determinados sistemas irreversibles evolucionan obedeciendo la segunda ley de la termodinámica, tendremos que ser rigurosos con el concepto de entropía que estemos utilizando y tener cuidado de no extralimitar su ámbito de aplicación (Horwich, 1992: 83; Earman, 1974: 39-41). A modo de ejemplo, si tomamos el concepto de entropía de Boltzmann, entendiéndolo como el paso de los sistemas a configuraciones más probables y lo intentamos aplicar a modo de teoría del tiempo a los seres biológicos, ¿cómo explicaríamos el crecimiento de un ser vivo? Desde luego, el comportamiento de los sistemas biológicos tomados aisladamente, no parecen obedecer en sentido alguno la segunda ley. Sin

embargo, esta situación no es de extrañar cuando aplicamos un concepto teórico que fue ideado originalmente para describir el comportamiento de los gases en un sistema cerrado, mientras que los seres vivos son sistemas abiertos por necesidad. Por otro lado, no habría nada que asegurase que al extender este concepto de entropía ideado para cierto tipo de sistemas a otros, podría ser que estos no se comportasen de acuerdo a la segunda ley, y si lo hiciesen, que no fuera por las mismas razones que los sistemas para los que fue ideado el concepto en primer lugar.

Encuentro problemática la consideración de que la irreversibilidad temporal esté definida por la irreversibilidad marcada por la segunda ley de la termodinámica. Desde un punto de vista relacional como el que defiendo, en el que el tiempo no es otra cosa que la medida del cambio, resulta coherente buscar la irreversibilidad del tiempo en el comportamiento de los sistemas físicos. Pero, al tratar de identificar el pasado y futuro de un sistema determinado por sus niveles de entropía, nos encontraríamos con situaciones como la siguiente: grandes masas de nubes de hidrogeno en el espacio que se van concentrando en un punto cada vez con más masa y que acaban dando origen a una estrella. En este caso, tendríamos un sistema susceptible de ser calificado como de alta entropía: la nube de gas en su estado inicial es más simple y homogénea, con una menor predisposición para generar trabajo. Esto es, podríamos decir que el sistema origina estados de menor entropía. Esto significaría que, si aceptamos la reducción temporal a procesos de incremento de entropía, tendríamos que reconocer que la estrella es anterior a la nube de hidrógeno, cuando sabemos que esto no es así.

Que un sistema cambie de un modo u otro es una cuestión física, y si pretendemos encontrar la razón de la irreversibilidad de los procesos físicos, la estrategia más sensata a seguir es la de fundamentarlos a través de leyes, modelos o teorías que expliquen la evolución de los sistemas. No creo razonable el intentar justificar la irreversibilidad de la realidad en la irreversibilidad temporal. Si el tiempo es la medida del cambio, no tendrá efecto alguno sobre los sistemas, sino que únicamente es una herramienta cognitiva que nos ayuda a controlar nuestro entorno, para poder manejarlos

en él. Esto significa que el papel de la realidad será el de cambiar, y no parece que sea muy relevante si los sistemas evolucionan hacia estados de entropía más elevados o no, ya que este hecho no nos informa necesariamente sobre la dirección temporal, lo importante es que cambien y unos estados se transformen en otros. Los estados que surjan de estas transformaciones son una característica de la naturaleza de los procesos físicos, no del tiempo. Podríamos imaginar una situación en la que el nivel de entropía comenzase a disminuir en todo el universo salvo en una pequeña región. Si en esta región hubiera seres inteligentes con la capacidad de observar este fenómeno y medir el tiempo, no tendrían por qué deducir que el tiempo se ha invertido en todo el universo salvo en su región. Probablemente, considerarían que por algún motivo físico el universo ha cambiado su manera de evolucionar, de manera que en vez de adquirir cada vez niveles mayores de entropía, ha comenzado a cambiar hacia estados de menor entropía.

No obstante, aun falta un componente en nuestro marco. Si el tiempo es la medida del cambio, la figura de la persona que mide es fundamental. Sin una persona que mida, no puede haber medida del cambio, lo que implica que tampoco puede haber tiempo; eso sí, habrá cambio, sin duda alguna. De este modo, si un observador en nuestra galaxia advierte que otra galaxia evoluciona contrayéndose y dirigiéndose a estados de menor entropía, no debería concluir que dicha galaxia esté retrocediendo en el tiempo, sino que, simplemente, sigue cambiando de un modo diferente, y el observador seguirá considerando que dicho sistema sigue evolucionando en el tiempo. De este modo, no tenemos una paradoja temporal, sino una interrogante científica: ¿por qué evolucionan los sistemas físicos en el modo en el que lo hacen? El hacer recaer la naturaleza del tiempo en la evolución física de los sistemas ha sido el gran acierto de este intento reduccionista, sin embargo, considero que se equivocaron al escoger el fenómeno que lo reduciría. La naturaleza, condiciona y determina en gran medida lo que percibimos, ya que los sistemas físicos cambian de cierto modo, pero a la hora de decidir qué es el tiempo, lo fundamental es que haya una realidad cambiante, y tan importante como esto, seres conscientes con capacidad de percibir la realidad y sus cambios.

Si nos olvidamos de uno de los eslabones que forman la cadena de lo que es el fenómeno temporal, estaremos dejando fuera de nuestro análisis una parte que podría traer luz a la cuestión. Creo, que una vía que puede aportar perspectivas que esclarezcan el problema del tiempo y su peculiaridad, sería la de realizar un análisis crítico conceptual apoyado en los conocimientos que aporta la ciencia psiconeurológica sobre la percepción temporal. Esta aproximación está en cierta sintonía con la visión de Kant (1781), en el sentido de que muchas de las características que atribuimos al tiempo son, en cierta medida, efecto del modo en que percibimos y conceptualizamos el mundo para poder comprenderlo. Sin embargo, a diferencia de Kant, creo que el cambio es una característica objetiva de la naturaleza. Ciertamente, no podríamos llegar al concepto de cambio sin esta capacidad innata de medir el tiempo y percibirlo, pero a pesar de ello, el cambio seguiría siendo una realidad. De hecho, el cambio es algo tan real que cualquier ser vivo para poder sobrevivir deberá ser capaz de adaptarse a él, tenga o no concepto de tiempo o incluso aunque no tenga consciencia. Por esta razón, considero fundamental un análisis de la percepción del tiempo para intentar delimitar hasta qué punto nuestra experiencia y nuestra percepción moldean la imagen del tiempo que poseemos.

1.5. Rompiendo el círculo: cambio-tiempo y viceversa.

Hasta este punto he venido defendiendo en los diferentes apartados las ventajas teóricas y epistemológicas de entender el tiempo como medida del cambio. Entre las ventajas teóricas, en el apartado 1.2., he defendido que esta posición podría abrir nuevas vías explicativas en la física al posibilitar una explicación dinámica de los efectos relativistas y no únicamente una explicación de principios. Asimismo, he afirmado que la simplicidad ontológica que conlleva esta interpretación es deseable; se prescinde de compromisos con ontologías espaciales, temporales y espacio-temporales. Lo único que necesitamos en este esquema es la materia-energía en constante cambio y transformación. Del mismo modo, sostengo que adoptar esta concepción del tiempo tiene la ventaja de ser epistemológicamente menos comprometida por suponer menos conceptos teóricos. Tal y como mostraré en este apartado, cuando se realizan mediciones temporales, no se está midiendo el tiempo en sí, si no los cambios. Este es el hecho objetivo en relación al tiempo, que no puede ser medido, por lo que es un concepto teórico no contrastable. El cambio, por el contrario, es justo aquello que es medido cuando afirmamos medir el tiempo.

Sin embargo, hasta el momento esta teoría del tiempo ha sido aplicada sin haber sido concretada en profundidad. Precisamente, es el objetivo de este apartado, exponer y definir adecuadamente aquello que afirmo cuando digo que “el tiempo es la medida del cambio” y que por lo tanto el fenómeno fundamental no es el tiempo, sino el cambio.

1.5.1. La medida del cambio.

Para mostrar que cuando se afirma medir el tiempo en realidad lo que se hace es medir el cambio, expondré el proceso de medición temporal desde la definición de las unidades temporales en uso y los métodos utilizados en la medida y la comparación de las duraciones de los diferentes sistemas que se pretendan analizar.

A diferencia de lo que ocurre con las medidas espaciales, las medidas temporales de los eventos en muchas ocasiones tienen bordes difusos, resultando bastante complicado el establecer el momento exacto de inicio y final de dichos eventos. Además, son de naturaleza transitoria, por lo que su medición directa deberá ser realizada simultáneamente a la ocurrencia del fenómeno. Esta característica marca una clara diferencia con algunas mediciones espaciales, que pueden ser más estables, permitiendo una medición menos urgente, con reglas. En el caso de la medición temporal de aquellos eventos que no hayan sido medidos mientras ocurrían, se les puede adjudicar posteriormente una duración y situarlos en el orden temporal de las cosas. Para ello, sin embargo, será necesario suponer ciertas reglas. Supongamos que tenemos dos eventos, un evento A que discurre de t_1 a t_2 y un segundo evento B que discurre de t_2 a t_3 . Si queremos conocer la duración conjunta de ambos eventos combinados, tendremos que sumar de un modo conceptual el tiempo transcurrido de t_1 a t_2 , y de t_2 a t_3 . Esto es, tendremos que realizar la suma aritmética de la duración de ambos eventos, aceptando la regla de la aditividad de la medida temporal. Pero si queremos comparar o sumar periodos que no sean adyacentes, será necesario definir una regla para la igualdad de las duraciones y otra que defina la unidad temporal que se vaya a adoptar. Tal y como se verá, ambas reglas dependerán de la adopción de relojes, los cuales siempre serán procesos, la mayoría de las veces periódicos.

A la hora de establecer un sistema de medida, se recurre a cierta clase de procesos que sirven como medida relativa del tiempo. Así, por ejemplo, podríamos utilizar el proceso de una vela de cera consumiéndose como medida de referencia. Del mismo modo, se podría usar un reloj de arena, mecanismo consistente en medir cualquier proceso en relación a lo que tarda un volumen fijo de arena en pasar de la parte superior de un recipiente a la inferior, pasando por un embudo. Estos dos ejemplos, lo son de procesos no periódicos, sin embargo, a lo largo de la historia de la humanidad se han utilizado ampliamente los procesos periódicos como medida del tiempo. Ese es el caso de los ciclos estacionales, lunares o el ciclo que marcan los días, definidos por la rotación de la tierra en torno a su propio eje. Los ciclos de los días se vuelven especialmente relevantes en la medida temporal, ya que

estos serán divididos en 24 horas; la hora a su vez se divide en 60 minutos y el minuto se dividirá en 60 segundos, aportando de este modo una definición de la unidad temporal, el “segundo”. Se considera que Tito Livio Burattini (1617-1681) fue el primero en aportar una definición formal del “segundo” como un $1/86400$ del día solar:

This appears in his work *Misura universale* [Universal measure] (1675), where he suggests a standard length unit equivalent to the length of a pendulum with a period of one second. This definition of a second appears to have been sufficient for all practical purposes into the twentieth century (McCarthy et al., 2009: 191).

Sin embargo, en el siglo XX debido al desarrollo tecnológico, la definición de “segundo” basada en la rotación terrestre se convirtió en inútil para la necesidad que surgía de ámbitos como el de los telégrafos y la comunicación telefónica, que demandaban mayor precisión en la medida temporal. Ocurre, que la rotación de la tierra se ve influenciada por la Luna, que genera un tirón gravitatorio sobre la masa de agua terrestre creando el fenómeno de las mareas, que a su vez generan rozamiento en la superficie de la tierra provocando variaciones en la velocidad de rotación del planeta. Con el objetivo de ofrecer una definición de “segundo” más precisa, en 1954, en el 10º encuentro de la Conferéncia Générale des Poids et Mesures (CGPM), se llegó a un acuerdo internacional para adoptar una definición de “segundo” que ya no estaría basada en la rotación de la Tierra, sino que se definiría de acuerdo con la órbita terrestre alrededor del sol en un año determinado. En esta nueva definición, conocida como tiempo efemérides, el “segundo” es la fracción de $1/31556825,975$ del año tropical de 1900 (McCarthy et al., 2009). Poco tiempo después, se probó que era posible realizar una definición de “segundo” aún más precisa basada en la transición entre dos niveles energéticos de un átomo de cesio. Considerando los beneficios que esto podría traer al desarrollo científico y tecnológico, en el 13º encuentro de la CGPM de 1967 se llegó a un acuerdo para adoptar esta nueva definición de “segundo”:

The second is the duration of 9 192 631 770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state of the caesium 133 atom (SI Brochure, 2014).

De este modo, tenemos que la unidad de tiempo no es otra cosa que el establecimiento de un sistema que cambia y que sirve como referencia de medida para el resto de cambios que se den en el mundo. Esta es la realidad práctica de la medición del tiempo; este no se mide en absoluto, lo que medimos es el cambio. Cuando se hace una referencia a un valor temporal determinado, lo que afirmamos es que nuestro sistema de referencia de medición temporal (reloj), ha completado x ciclos o una fracción de ciclo. Por lo tanto, si midiésemos de acuerdo al estándar internacional, al decir que un evento ha durado 2 segundos, lo que estamos afirmando es que dicho evento ha durado lo mismo que tarda un átomo de cesio en realizar $2 \cdot 9192631770$ periodos de radiación. El “segundo” es un número determinado de ciclos energéticos que se dan en el átomo de cesio, pero sigue siendo un patrón de cambio, al igual que lo fueron la definición de “segundo” basada en la órbita de la tierra respecto del sol, o en relación al día solar, determinado por la rotación de la tierra sobre su propio eje. Una cosa es clara, la definición de la unidad temporal siempre tendrá que estar basada sobre un patrón de cambio, ya que es el fenómeno que observamos y podemos medir. El “tiempo”, muy al contrario, ni se percibe, ni se puede medir, ya que él mismo es la medida del cambio.

La constatación de este hecho tiene importantes consecuencias respecto de la definición de igualdad o regularidad. Tal y como reconocen autores como Poincaré (1913), Reichenbach (1928) y Carnap (1966), ningún instrumento de medida es perfecto, todos ellos se encuentran rodeados de innumerables influencias de sistemas externos que afectan en mayor o menor medida su evolución. Por ello, aceptar que un sistema cíclico produce fases en las que todos los ciclos son de la misma duración, es una cuestión de definición, dado que no existe modo alguno de comprobar si un ciclo dura lo mismo que otro. Una comprobación de este tipo sería posible en caso de poder realizar alguna de las siguientes estrategias: 1) comparar el proceso cíclico que hayamos

elegido con un proceso cíclico exacto; 2) comparar el proceso consigo mismo; y finalmente 3) tratar de restar todas las influencias externas que puedan alterar el ritmo cíclico del sistema. La primera de las estrategias es fácilmente descartable. Si fuera posible comparar el proceso cíclico del sistema que hayamos elegido como reloj, con otro proceso que sea exacto, eso significaría que ya poseemos un sistema que cambia en intervalos perfectamente uniformes. Sin embargo, de ser este el caso, no tendría sentido alguno la búsqueda de sistemas cada vez más precisos de medición del tiempo ya que ya contaríamos con uno inmejorable. Por otro lado, habría que preguntarse el modo a través del que podríamos comprobar que, efectivamente, el supuesto sistema es exacto. No es aceptable considerar perfecta la regularidad de los ciclos de un sistema sin haberlo comprobado previamente. Pero, resulta que para poder hacer la comprobación, el único modo posible es por comparación, por lo que este tipo de prueba resulta recurrente; el sistema S_1 que ha de ser comprobado precisa a su vez de otro sistema S_2 que pueda garantizar la perfecta regularidad de sus cambios, pero este segundo sistema a su vez, necesitaría de otro sistema S_3 . Como se puede apreciar, este método no es viable, ya que necesitaríamos infinitos sistemas y aun así, no podríamos dar con el dato probatorio, a no ser que aceptásemos algún tipo de intervención mágica en el proceso.

Esto nos lleva a considerar la segunda posibilidad. Tal vez sería posible fundamentar la perfecta regularidad de los ciclos, si los comparásemos los unos con los otros. De este modo, si quisiéramos comprobar si nuestro reloj de muñeca es un sistema periódico, con ciclos perfectamente regulares, tendríamos que ser capaces de mostrar que cada segundo s_1 es idéntico al siguiente segundo s_2 , y que todos y cada uno de los minutos y horas son de la misma duración. Pero, de nuevo, vuelven a surgir las dificultades ya que no podemos utilizar ningún otro sistema como reloj para realizar estas mediciones, dado que ignoramos si estos son perfectamente cíclicos. Además, no podemos comparar directamente un ciclo de un mismo sistema con el siguiente, ya que, a diferencia de dos objetos físicos que sí que podemos situarlos uno al lado del otro y realizar la comparación, no podemos recuperar los ciclos o segundos pasados de nuestro sistema/reloj para compararlos

entre sí. De modo que, no queda más remedio que aceptar que utilizando este procedimiento no es posible descubrir si los ciclos o los cambios de un sistema determinado son perfectamente regulares o no, ya que no tenemos medios para poder reconocerlo.

Descartada esta segunda opción, únicamente queda por explorar la tercera vía. Aceptar la discutible premisa de que, la duración de dos eventos idénticos ha de ser la misma, o que las mismas causas en situaciones idénticas requieren el mismo tiempo para producir los mismos efectos. De este modo, si un sistema cíclico no es perfectamente regular, será debido a las interferencias que causan los sistemas de su entorno. Así, si la órbita de la tierra no es perfectamente regular, podríamos achacárselo a las interferencias que causan sobre la órbita terrestre el campo gravitatorio de otros objetos masivos circundantes (en menor medida, los lejanos). En el caso de un péndulo, sus ciclos se verán afectados por el rozamiento con el aire de su entorno, el rozamiento generado por su propio mecanismo, cambios de presión atmosférica, la aceleración y deceleración de la tierra en el afelio y perihelio de su órbita ⁷, el acercamiento y alejamiento del Sol ⁸, los campos electromagnéticos, la radiación, etc. Cualquier sistema que conozcamos se ve afectado por la interferencia de una multitud de sistemas de su entorno y resulta totalmente imposible aislarlo, ni tan si quiera durante unos instantes, de estas influencias. Pero, si conocemos la influencia y existe la capacidad de cuantificar las interferencias que sufre el sistema de su entorno, entonces, tal vez, podría existir una posibilidad de deducir la influencia de todas y cada una de las fuerzas y sistemas que interactúan con nuestro reloj, de tal modo que se

⁷ No debemos olvidar, que en la TRG la aceleración y los campos gravitatorios son indistinguibles, y crean los mismos efectos relativistas. A pesar de que las aceleraciones de las que hablamos aquí son fracciones muy pequeñas de la velocidad de la luz, no dejan de afectar al cambio del sistema, aunque sea levemente.

⁸ Según la TRG, cuanto más cerca esté un sistema del potencial gravitatorio de un cuerpo, más intensamente sufrirá los efectos de su gravedad, entre ellos, la dilatación temporal. Esto significa que si un sistema cíclico cambia su distancia respecto del potencial gravitatorio de un cuerpo, el cambio de este sistema se verá afectado; acelerando sus ciclos cuando se aleja y ralentizándolos cuando se acerca.

pueda establecer la desviación que sufre respecto a un ritmo perfecto. Esta técnica de crear relojes ideales con la ayuda de las leyes físicas, es la que actualmente se utiliza para calcular la desviación de los relojes; sin embargo, el procedimiento es circular ya que las propias leyes son formuladas de acuerdo a relojes cuyos ciclos son considerados iguales:

It is true that the laws as described in textbooks suggest this belief; but if we ask ourselves where these laws come from, we shall find that they are obtained through observations of clocks calibrated according to the principle of the equality of their periods. The proof is therefore circular. If we had used a different scale for our measurements, we would have obtained different laws which in turn would have compelled us to consider the latter scale as the correct one (Reichenbach, 1928: 116).

Por otro lado, aun obviando la circularidad de la definición del tiempo ideal basándonos en las leyes físicas, seguiría habiendo un problema difícilmente solucionable. Esta dificultad es debida al carácter aproximativo de las leyes de la naturaleza y de toda teoría científica. En primer lugar, cuando se formula una ley científica, se procura que esta tenga el mayor alcance explicativo posible, para lo cual la ley ha de ser tan general que abarque fenómenos muy dispares. Es precisamente esta potencia explicativa la que hace que la ley no represente ningún sistema físico real concreto, sino que lo hace de sistemas ideales, libres de interacciones y simplificados, y por ello inexistentes. Así pues, estas leyes generales sacrifican la representatividad de las especificidades de los sistemas reales, por la capacidad explicativa⁹. Cartwright (1983: 54-58) expone acertadamente el caso, tenemos tendencia a pensar que el mundo está regido por un pequeño número de leyes fundamentales, pero, el mundo está lleno de fenómenos complejos y variados no fundamentales que surgen de la

⁹ Con aquellas leyes más específicas y menos explicativas, también ocurre lo mismo, si bien en menor medida. Esto es una característica del conocimiento científico en general, ya que este trata de los principios universales de la naturaleza, para así poder aplicarlo a la especificidad de lo concreto.

interacción de procesos más simples. Precisamente, tratamos de explicar fenómenos complejos reduciéndolos a sus componentes más simples. Por ello, estas leyes fallan en su contenido fáctico, resultado directamente falsas o aproximadamente verdaderas. Asimismo, todos los procedimientos utilizados para hacer más manejable la complejidad de los sistemas, como la elaboración de modelos simplificados, la descripción matemática de la geometría de los sistemas físicos, e incluso la utilización de magnitudes métricas, no hacen más que simplificar la enorme complejidad de la realidad, generando así que las leyes y teorías científicas no puedan ser más que aproximaciones (más o menos útiles, pero aproximaciones). Esto hace, que tampoco podamos asegurar que ese tiempo ideal que hemos deducido de nuestras leyes científicas sea el que buscamos, ya que, de leyes y teorías aproximadamente verdaderas no pueden deducirse verdades absolutas, únicamente podrán realizarse aproximaciones.

De modo que, no hay más alternativa que la de admitir que no existe modo alguno a través del cual pueda afirmarse que un ritmo de cambio es el correcto o incorrecto. La igualdad de los intervalos de tiempo se establece por definición, por lo que, cuando asumimos convencionalmente una unidad temporal (por ejemplo el segundo) será posible definir la igualdad de la duración de diferentes procesos. Así, se afirmará que diferentes eventos tendrán igual duración temporal si contienen el mismo número de ciclos elementales del proceso periódico que hayamos elegido como referencia para la unidad temporal (hoy día y en el caso del segundo, 9192631770 periodos de radiación del átomo de cesio). En esta situación, sin embargo, surgen una serie de cuestiones; si la igualdad temporal es una cuestión de definición, entonces, ¿qué queremos decir cuando afirmamos que un reloj determinado es inexacto? ¿por qué cambiamos de sistema cíclico de referencia para el patrón temporal? y, por último, ¿en qué nos basamos para elegir un sistema de referencia sobre otro? Siguiendo a Nagel, podemos responder a las cuestiones planteadas:

...es inexacto en el sentido de que, por una parte, si se lo toma como patrón, se considerara que hay una gran clase de procesos que

manifiestan irregularidades en el tiempo que necesitan para completar sus ciclos, y regularidades que son aparentemente inexplicables sobre la base de factores de perturbación identificables, y, por otra parte, si se adopta algún otro reloj como patrón, esas irregularidades desaparecen o disminuyen apreciablemente. [...] buscaremos como relojes a mecanismos periódicos que hagan posible comparar y diferenciar con relación a sus respectivos períodos un ámbito cada vez mayor de procesos y que nos permitan establecer con creciente precisión leyes generales concernientes a la duración y el desarrollo de esos procesos [...] no hay ningún límite necesario a este proceso de abandonar un patrón de medida del tiempo a favor de otro, y que pueden obtenerse ventajas mayores si se reemplaza el péndulo, por ejemplo, por la rotación de la Tierra como reloj patrón (Nagel, 1961: 246-247).

Efectivamente, al escoger como referencia ciertos tipos de procesos periódicos, encontramos que con algunos de ellos se pueden establecer fácilmente relaciones de equivalencia con otros procesos. Por el contrario, tal y como afirman Carnap (1966: 84-85) y Poincaré (1913: 227-228), si escogemos como referencia para nuestro reloj patrón un sistema con el que no sea fácil establecer relaciones de equivalencia con otros procesos, como por ejemplo el ciclo de pestañeo de una persona, como resultado obtendríamos que las leyes de la física se complicarían enormemente. Sin embargo, al escoger un sistema de referencia como la frecuencia radioactiva de un átomo de cesio, las relaciones de equivalencia son fáciles de establecer con un número muy grande de sistemas y las leyes de la física se vuelven mucho más simples. Por ello, tanto Carnap como Poincaré concluyen que:

Time should be so defined that the equations of mechanics may be as simple as possible. In other words, there is not one way of measuring time more true than another; that which is generally adopted is only more *convenient* (Poincaré, 1913: 227-228).

De este modo, concluyo que en la práctica de la medición del tiempo en ningún momento se mide el tiempo sino el cambio. El tiempo, los “segundos”, las “horas”, los “eones”, son las unidades de medida definidas por sistemas cíclicos de referencia, esto es, el tiempo es la medida del cambio. Tal y como se ha podido ver, el tiempo entendido como sustancia no es necesario para la medición de los cambios, es más, ni tan siquiera tenemos la posibilidad de acceder a un patrón de medida temporal que podamos llamar “absoluto” o verdadero. Epistemológicamente, solo tenemos acceso a los cambios y no es en absoluto necesaria la noción de tiempo como sustancia. Por ello, es razonable considerar que entre los conceptos de cambio y tiempo, es el de cambio el único que hace referencia a un fenómeno de la naturaleza, mientras que el tiempo es la herramienta formal para poder medir y conceptualizar el cambio con el objetivo de poder comunicarse y comprender un mundo dinámico. Al mostrarse en la práctica que el cambio es necesario y suficiente para dar cuenta de la naturaleza mutable del mundo, la pregunta que surge es: ¿Por qué esa dependencia de una interpretación ontológica de un concepto como el de tiempo?

1.5.2. El cambio.

Hasta ahora, he tratado de defender que los fenómenos temporales pueden ser explicados de un modo satisfactorio utilizando el concepto de “cambio” como fenómeno fundamental y a través del modo en el que realizamos su medición. De este modo, el tiempo es comprendido como la medición del cambio y los llamados fenómenos temporales, que deberían ser entendidos como fenómenos relativos al cambio; esto es, cómo ciertas interacciones entre sistemas físicos intervienen y afectan al cambio de estos sistemas. He intentado mostrar las ventajas que podría ofrecer este proceder, como evitar el surgimiento de excesivos conceptos extravagantes que no pueden ser observados, mientras que se promueven teorías más simples ontológicamente, a la vez que se salvaguarda y trata de dejar patente la complejidad de la realidad y de las interacciones que se dan entre los diferentes sistemas físicos que la componen. Asimismo, posee la ventaja de

poder dar cuenta, potencialmente, de los fenómenos a estudiar de un modo más explicativo que el ofrecido por las teorías de principios; concretamente, del fenómeno que en la teoría de la relatividad se denomina “dilatación y contracción temporal”. Sin embargo, no he aportado una definición de “cambio” ni de conceptos estrechamente relacionados como los de “evento” o “suceso”, “proceso” y “estado de cosas”.

Antes de comenzar a definir estos conceptos, es necesario poseer una imagen general, si bien, no exhaustiva, de qué es y cómo ocurre el cambio en el universo. Si consideramos el universo en su conjunto, creo aceptable considerarlo como un sistema cuyas partes están tan alejadas que no todas están conectadas causalmente las unas con las otras, pero que con el tiempo suficiente son causalmente conectables. Asimismo, todo él, comparte el mismo origen (si es que ha tenido alguno) y el mismo fin (si es que ha de tener alguno) y según nuestras suposiciones, es describable por las mismas leyes físicas. Pero la razón más relevante para considerar el universo como un sistema, es que no podemos comprender completamente una parte sin tener en cuenta las demás, ya que interactúan las unas con las otras. Esta característica del universo se hace patente en la interpretación del espacio-tiempo como representación del campo gravitatorio de la masa de toda la materia del universo (anteriormente explicada en el subapartado 1.2.6). Ya que el espacio-tiempo es creado por la materia, su configuración será diferente dependiendo de la distribución de esta, pero a su vez, este afecta a la materia; o lo que es lo mismo, la materia interactúa entre sí a través de sus campos gravitatorios. Evidentemente, este no es el único tipo de interacción, hay muchas más, como la interacción por fuerzas nucleares, interacciones electromagnéticas o por colisiones.

Estamos acostumbrados a analizar y describir, aproximadamente, todo tipo de partes del universo. Sin embargo, como bien sabemos, estas descripciones son siempre parciales por no incluir en el marco explicativo todas aquellas perturbaciones que, de hecho, afectan al sistema estudiado. En muchas ocasiones, para nuestros propósitos o para nuestro nivel de conocimiento, este tratamiento del universo es suficiente y adecuado, pero, en puridad, no se

puede ignorar que todo sistema que conocemos es afectado por fuerzas como la gravedad de las galaxias circundantes, por el agujero negro supermasivo que existe en el centro de la Vía Láctea, o la enigmática “energía oscura”, por citar algunas de las más evidentes.

Una vez que consideramos al universo como un sistema, debemos preguntarnos en qué consiste dicho sistema. En primer lugar, si vamos a dar cierto crédito a la investigación científica, así como a nuestra percepción más básica, deberemos concluir que el universo se encuentra en constante flujo, esto es, el sistema sufre cambios constantemente. De hecho, uno de los propósitos principales de la ciencia es el de descubrir las leyes por las que se rigen estos cambios, para así, con la ayuda de los datos de la experiencia, poder deducir la serie de cambios que ha posibilitado el estado actual de las cosas y poder predecir futuras variaciones del sistema. Por lo que sabemos, según la investigación científica establecida, en último término el universo está compuesto por materia y energía, o materia-energía, ya que la materia se puede descomponer en energía y la energía puede dar lugar a la materia. No se conocen en el universo entidades que no se correspondan con formaciones de materia o energía. Así pues, todo en el universo es materia-energía y todo lo que ocurre en el universo ha de ocurrirle a esta. Si concedemos lo anterior, deberemos aceptar que, en el universo, cuando hablamos de cambios, estos deberán darse en la materia o energía del universo o sus relaciones. Por lo tanto, cuando afirmo que el tiempo es la medida de los cambios, me refiero a cambios en la configuración de la materia-energía del universo. Sin embargo, resulta evidente que no estamos monitorizando constantemente el universo, ni tenemos la capacidad para poder hacerlo (por no mencionar que es imposible), pero lo que afirmo de forma general, es válido referente a nuestras observaciones particulares. Esto es, del mismo modo que un cambio en el universo es un cambio en la configuración de la materia-energía, en nuestra experiencia del día a día, los cambios también deberán ser relativos a esta.

Por otro lado, tal y como muestra Bunge (1981: 48-56), no todos los cambios que observamos son de la misma naturaleza; podemos distinguir, al menos, entre cambios físicos, químicos, biológicos, psíquicos y sociales.

Ejemplifiquemos algunos de estos modos de cambio con algunos casos paradigmáticos: en los cambios físicos se comprenden los cambios de posición de objetos materiales, cambio que implica una modificación de la distribución de la materia-energía del universo (por pequeña que sea); también se encuentran aquí comprendidos los fenómenos de aceleración, los cuales implican una transmisión de energía de un cuerpo (o sistema) a otro cuerpo (o sistema), sea por colisión, interacción gravitatoria, electromagnética u otro tipo de influencia física, ya que sin transmisión de energía, los sistemas permanecen en el estado de movimiento o reposo que poseían, tal y como afirma la primera ley de Newton; por último, situaremos aquí también las reacciones nucleares que descomponen y recomponen átomos y otro tipo de partículas, fenómenos termodinámicos como la transmisión de calor de un cuerpo a otro..., en definitiva, todos aquellos fenómenos que caen dentro del alcance del estudio de la ciencia física.

En el caso de los cambios químicos, se asemejan a las reacciones nucleares, solo que, en las reacciones químicas no se producen cambios a nivel atómico, esto es, ni se destruyen ni se crean nuevos átomos, pero sí se dan nuevas combinaciones entre los existentes creando nuevas moléculas. Este tipo de cambio implica la creación de nuevos elementos materiales (moléculas), que tienen propiedades diferentes dependiendo de la nueva configuración. Podemos observar este hecho con el caso del oxígeno (*O*) y el carbono (*C*), dos de los elementos más abundantes del universo, tras el hidrógeno (*H*) y el helio (*He*) respectivamente, y necesarios para la vida tal y como la conocemos. Por separado son necesarios para la vida, pero cuando se enlazan sus propiedades cambian. Así, por ejemplo, si se enlaza un átomo *C* con dos de *O*, obtenemos CO_2 (dióxido de carbono) un gas inocuo y fundamental para la vida en la tierra por su efecto invernadero, que hace que el planeta sea más cálido, propiedad que sus componentes atómicos por separado no tienen. Sin embargo, cuando se da una mala combustión el enlace de los componentes químicos se produce de otro modo dando como resultado CO (monóxido de carbono), un gas altamente tóxico; toxicidad que los elementos químicos en cuestión no poseían y que cuando se combinan en modo de CO_2 tampoco poseen. Así pues, obtenemos que el modo en el que la materia se enlaza (a

nivel químico), afecta de un modo importante a la manera en la que el nuevo sistema que surge de ese enlace se relaciona con el resto de la materia con la que entra en contacto. Por otro lado, en las reacciones químicas suelen darse redistribuciones energéticas. Ejemplo de ello es que, hay ciertos elementos químicos que al combinarse producen reacciones exotérmicas, esto es, expiden energía en modo de calor. En otras ocasiones, dependiendo de los elementos que se mezclen, puede surgir una reacción endotérmica, o lo que es lo mismo, que absorbe energía del entorno en modo de calor.

Como se puede observar, el modo de cambio físico es el tipo más fundamental que conocemos. Los cambios químicos a pesar de tener sus principios específicos, a su vez, estos tienen su condición de posibilidad en las propiedades físicas de los elementos químicos que participan en una reacción, así como en los principios fundamentales de la física como el principio de conservación de la energía. A medida que vayamos ascendiendo en los diferentes modos de cambio, los unos tendrán sus condiciones de posibilidad en los anteriores. De este modo, los cambios biológicos para ser posibles, dependen de los principios tanto de la física, como de la química. Los cambios biológicos como el desarrollo, el envejecimiento y la reproducción, precisan de energía que deben aprovechar de su entorno, y para ello se utiliza la química, la respiración, la metabolización de alimentos... Todo ello son reacciones químicas para proveer de energía y recursos materiales al organismo, para poder subsistir, crecer, repararse y reproducirse. Podría parecer que la vida desafía la segunda ley de la termodinámica, ya que son sistemas que se alejan de los estados de equilibrio entrópico y se mantienen en ellos durante variados periodos de tiempo. Podríamos llegar a esta conclusión si restringiésemos nuestro juicio exclusivamente a los sistemas biológicos, pero cuando abrimos el marco y se los considera en su entorno, se puede apreciar que los sistemas biológicos necesitan energía que acaban por devolver en estados de entropía más altos. De este modo, los sistemas biológicos pueden mantenerse en desequilibrio termodinámico sin transgredir la Segunda Ley, absorbiendo y disipando energía de otras fuentes, sin afectar por lo tanto al incremento medio de los niveles de entropía generales.

Lo que pretendo mostrar con estos ejemplos, es que, a medida que vayamos subiendo en la especificidad del modo de cambio, los cambios de ese modo dependerán y serán posibles debido a los cambios y el comportamiento de estos a niveles más fundamentales. Lo cual no significa que un cambio a nivel físico implique cambios a nivel químico o biológico, por ejemplo. Contrariamente, los cambios químicos sí que implican cambios físicos, los biológicos, a su vez, entrañan cambios químicos y físicos, y los mentales comprenden cambios biológicos, químicos y físicos. Sí, al fin y al cabo, todo proceso mental es posible gracias a procesos que suceden en el sistema nervioso central, sistema sostenido biológicamente, creado según las normas de la biología y de funcionamiento biológico. Ocurre que esta biología, a su vez, se sustenta en reacciones químicas para poder extraer la energía y materia necesaria para su actividad, etc. No es mi propósito defender algún tipo de fisicalismo, ya que no considero que las leyes de la biología, la psicología o la sociología puedan ser descritas completamente por las leyes de la física; lo que afirmo es que todo ámbito específico, tiene como condición de posibilidad la realidad física. Creo que también se puede afirmar que todo cambio, se dé en el nivel que se dé, para que sea genuino supone en último término un cambio en la materia o energía. Incluso cuando se dan cambios en las ideas, estas suponen cambios en su sustrato físico, el cerebro (en modo alguno, esto que afirmo supone una identidad entre ambas realidades).

Teniendo las anteriores consideraciones presentes, podemos desarrollar un criterio que nos permita distinguir los cambios genuinos de los no genuinos. Cuando afirmemos que algo ha sufrido un cambio, ese algo debe de haber modificado sus propiedades físicas de algún modo; en caso contrario, no puede considerarse que haya sufrido cambio alguno. De este modo, podemos descartar el cambio de ciertas “propiedades relacionales” como cambio genuino. Como afirma Mellor (1998: 87), se podría considerar que ciertos objetos pueden ganar o perder estas “propiedades relacionales” simplemente porque otras cosas cambian. Un ejemplo de cambio de este tipo sería el siguiente: por un lado, tenemos al monte Everest con una altura de 8.848 m y por ello el monte más alto del mundo; y por otro, el monte K2, el segundo monte más alto del mundo, con una altura de 8.611 m. Supongamos ahora,

que la región de la cordillera del Karakórum sufriera un inusual seísmo que elevase, de la noche a la mañana, al K2 por encima de los 8.850 m. En este caso, diríamos que el monte Everest habría perdido la propiedad de ser el monte más alto del mundo, a favor del K2. El Everest, al haber dejado de ser la montaña más alta del mundo, ¿ha cambiado? No se puede afirmar tal cosa, ya que el Everest permanecería físicamente inalterado, mientras que el cambio reside en el K2. La relación de “ser más alto que”, “el más rápido”, “más inteligente que” y propiedades relacionales similares, implican por su naturaleza varios sistemas, y cuando alguno de ellos cambia, conceptualmente, todas las partes relacionadas pueden cambiar, a pesar de que físicamente únicamente una haya cambiado. Por ello, no podremos considerar este tipo de cambios como genuinos, ya que un cambio en uno de los objetos que está relacionado con otros objetos, puede alterar toda la cadena de relaciones sin implicar cambios físicos en el resto de los objetos relacionados.

Una vez que hemos concluido que los cambios que nos interesan en este análisis, son aquellos cambios que se dan en la materia-energía, debemos proceder a definir qué es el cambio:

- En el caso del universo, el cambio es la pérdida o adquisición de nuevas propiedades y relaciones físicas. Si preferimos fijarnos en sistemas pequeños y manejables como objetos familiares del día a día, la naturaleza del cambio será la misma: el cambio en las cosas es la pérdida o adquisición de nuevas propiedades y relaciones físicas, y al igual que el universo, las cosas están sujetas a constantes cambios; si bien no todas sus propiedades lo hacen continuamente, ni mantienen el mismo ritmo de cambio.

La afirmación de que las cosas están en constante cambio, la fundamentamos basándonos en que en el universo toda la materia parece estar en movimiento expansivo debido al Big Bang. Asimismo, casi toda la materia parece haber sido capturada por el campo gravitatorio de algún otro cuerpo, ya sea un planeta, una estrella, un agujero negro, una galaxia o conjunto de galaxias. Esto hace que los cuerpos orbiten alrededor de otros o bien que caigan los

unos en los otros. En cualquier caso, en todos ellos tendríamos cambios de posición y de velocidad. También debemos tener en cuenta el cambio en la intensidad de la influencia de campos gravitatorios, electromagnéticos, radiación etc., a la que están sometidas todas las cosas, el decaimiento radiactivo que transforma unos elementos químicos inestables hasta llegar a otros más estables, reacciones nucleares, las reacciones químicas como la oxidación, el desgaste progresivo que todos los materiales acusan debido a su contacto con otros elementos materiales, el movimiento molecular de los propios objetos que no estén a una temperatura de cero absoluto...

De todo lo anterior se puede concluir que, dado que para que un cambio pueda considerarse un cambio genuino, este debe serlo en la materia-energía (cosas físicas), ya que sin materia-energía los cambios no serían posibles. O lo que es lo mismo, como las cosas físicas son las que sufren los cambios, sin cosas los cambios no serían posibles ya que no habría nada susceptible de sufrirlos. De modo que debemos concluir que los elementos materiales materia-energía del universo son los elementos fundamentales de la realidad y los que componen el resto de sistemas y cosas en el universo.

Una vez que se ha esclarecido qué es el cambio y qué es lo que cambia, podemos empezar a definir ciertos conceptos relacionados con el cambio y el tiempo, como el concepto de “evento”. Existen varias definiciones de evento, por ejemplo, Kim (1993) propone una definición que hace referencia tanto a cambios como a estados de cosas. Así, para Kim un evento es que una sustancia x tenga una propiedad P en un momento t [x, P, t]. Sin embargo, esta noción de evento no es válida si se pretende defender que el tiempo es la medida del cambio, tal y como pretendo, ya que me haría incurrir en circularidad por introducir la noción de tiempo en la definición de evento. En segundo lugar, esta definición no permite diferenciar la noción de “evento” de la de “estado de cosas”, cuando son visiblemente conceptos diferentes (a pesar de que pueda haber ejemplos en los que la frontera entre ambos sea difusa). Creo más acertada la definición de evento realizada por Bunge:

A change is an event or a process, whether quantitative or qualitative or both. Whatever its nature, a change is a modification in or of some

thing or things: more precisely, it consists in a variation of the state of an entity. To put it negatively, there is no change separate from things - nor, indeed, are there changeless things even though some change slowly or only in certain limited respects (Bunge, 1977: 215).

Esta definición en la que un evento es un cambio, resulta más útil que la de Kim, ya que no introduce conceptos temporales, que, como ya vimos en el subapartado 1.5.1, surgen de la medición relativa de los cambios teniendo como referencia un sistema cambiante más o menos adecuado. De este modo, podemos continuar construyendo nuestra definición de tiempo en base a los cambios sin caer en definiciones circulares. Por otro lado, nos permite diferenciar eventos de estados de cosas. Así, mientras que un evento es un cambio en la propiedad de algún sistema, yo considero un estado de cosas precisamente lo que Kim denomina evento, el estado en el que se encuentra un sistema en un momento determinado. Esto es, la noción de evento plasma el carácter dinámico de las cosas, mientras que la de estado de cosas hace énfasis en lo estático. Esta definición de evento, también nos permite llegar a la noción de proceso:

- Un proceso es un evento complejo, o lo que es lo mismo, una serie de eventos (dos o más) relacionados que podrían ser considerados como una unidad.

Claros ejemplos de procesos son aquellas series de eventos que conciernen únicamente a una única cosa, como el desarrollo de un embrión hasta convertirse en un feto, la descomposición de una fruta en el suelo del bosque, el envejecimiento de un ser vivo, la formación de un planeta, la creación y destrucción de galaxias o la propia evolución del universo. Es necesario señalar el carácter convencional del objeto, cosa o sistema de la que se afirma que está sufriendo un proceso y de los límites del propio proceso o evento. En muchas ocasiones, los límites del proceso (o evento), así como la determinación de cuál es el sistema sometido al mismo, obedecerán a razones pragmáticas. Así, en el ya citado ejemplo del desarrollo de un embrión, si limitamos el proceso de su desarrollo al paso de ser embrión a formar un

feto, es porque convencionalmente se han establecido ciertas etapas en la historia de un ser vivo; pero podríamos perfectamente extender el proceso desde el mismo momento de la concepción hasta el instante de la muerte del ser vivo; en el caso de que lo que nos interese sea el desarrollo de un sistema viviente. Sin embargo, si enfocamos nuestro análisis en la perpetuación biológica, podríamos extender el proceso a una cadena larguísima de nacimiento, desarrollo, reproducción y muerte. Dependiendo de lo específico o general de nuestro interés, restringiremos más o menos aquello que consideraremos un proceso.

Si, como acabamos de ver, la determinación de la cadena de eventos que constituyen un proceso determinado tiene un marcado componente convencional, cabe cuestionarse si los eventos son elementos metafísicos objetivos, o, por el contrario, también son convencionales. Considero que, en el caso de los eventos, ocurre lo mismo que con los procesos; qué cambio (o grupo de cambios) sea el que consideremos como un evento va a depender de nuestro punto de vista¹⁰, entendiéndolo en el sentido de conceptualización del mundo, según la noción de Hautamäki:

A point of view is a special way to see the objects in cognition and in discourse. With point of view, some aspects of objects are selected as the focus of attention, leaving some other aspects out of consideration or awareness (2015: 210).

Sin embargo, varios autores defienden la existencia ontológica de los eventos, por lo que habría que asumir que también les confieren objetividad. Es el caso de Mellor, como podemos deducir por el siguiente pasaje:

Many philosophers, however, who admit the distinction, deny the reality of events like Jim's race, saying that the only particular constituent of the fact that Jim races is Jim himself. I disagree, for

¹⁰ Para una amplia discusión sobre los “puntos de vista” ver Vázquez, M. y Liz, A. M. (2015).

reasons I shall give in chapter 9 but need not anticipate here. For as my *B*-theory of change will apply only to things, it will not really matter to it if there are no events. But since I think there are events, I should say why the theory does not apply to them (Mellor, 1998: 85).

También parece ser el caso de Le Poidevin, al afirmar que el paso del tiempo podría explicarse a través de eventos cuyas propiedades temporales cambian:

We need to have some way of defining the passage of time. This is most naturally described (though some philosophers would object to this way of describing it) as the change in events as they cease to be future, become present, and then increasingly past (Le Poidevin, 2003: 16).

Según el esquema que he ido desarrollando, son las cosas compuestas por materia-energía las únicas que pueden sufrir cambios, por este motivo, los eventos son cambios que les suceden a estas cosas. Pero si afirmamos, tal y como hace Le Poidevin, que son los eventos los que sufren cambios (pasar de ser futuro a ser presente y terminar finalmente en el pasado), estamos diciendo que estos son alguna suerte de cosa. Esto no es posible, ya que los eventos no son nada más que una representación ideal de un cambio o serie de cambios que observamos o deducimos que va a sufrir un sistema material o energético determinado. Por ello, cuando realizamos la descripción de un evento siempre se describirá un sistema que sufre cambios, ya sea por razones intrínsecas a la propia dinámica del sistema o inducidos por uno o varios sistemas externos. Es una trampa lingüística hablar de eventos futuros que se hacen presentes y luego pasados, si no es de un modo figurativo. Asimismo, la idealidad de los eventos es ejemplificada por el carácter convencional de la elección del tipo de cambio o cambios que constituirán un evento.

Cuando se afirma que la rotura del cristal de una ventana por una pedrada es un evento, se está tomando una decisión de cuáles son los cambios relevantes; ese cristal ha estado sometido a cambios en la radiación solar recibida (ya sea por cuerpos que la bloqueen, por el movimiento de la tierra o

porque la emisión de radiación solar no es perfectamente constante), seguramente no ha parado de vibrar debido al tráfico rodado circundante, se ha enfriado y calentado, se ha dilatado y contraído debido a esos mismos cambios de temperatura, una cantidad innumerable de partículas han entrado en contacto con él, etc. Sin embargo, obviamos todos esos cambios por falta de relevancia en nuestro contexto y propósito (conocer por qué se ha roto y reparar la ventana) y establecemos de un modo pragmático cuál es el evento. Del mismo modo, también simplificamos la serie de eventos que vamos a considerar parte del mismo. Así, en la rotura del cristal podemos establecer que el evento se reduce a una persona que lanza una piedra contra el cristal y este se quiebra. Pero no habría problema en ampliar el evento e incluir en él, que la causa de que la persona lanzase la piedra fue por desahogarse tras su despido (la ventana es del edificio en el que trabajaba); también podríamos añadir que fue despedido debido a la falta de financiación que sufre la empresa debido a una crisis financiera, etc. En resumidas cuentas, establecer qué es un evento es un ejercicio de idealización, ya que los cambios en la realidad están relacionados entre sí; un pequeño cambio macroscópico implica una infinidad de cambios microscópicos y hay muchos cambios que dependiendo del contexto no resultan útiles, por lo que se hace necesaria una selección pragmática de qué elementos nos interesan que formen el evento.

Lo mismo ocurre con los estados de cosas, que también son idealizaciones. La realidad es tan compleja que nunca deja de cambiar (aunque a primera vista sea inapreciable), por lo que no es posible establecer un punto en el que todo permanezca inmóvil. No hay razón que nos lleve a pensar que la realidad es discreta (más bien parece continua), pero cuando intentamos cuantificar las cosas, en último término estamos tratándolas como si fuesen discretas; esto supone una ventaja, ya que simplifica la realidad y la hace más manejable, pero también se pierde parte de la complejidad de las cosas.

Una vez más, si tenemos en cuenta la realidad de la formación de aquello que llamamos “eventos” y “estados de cosas”, no puede dejarse de apreciar el fuerte componente pragmático de los criterios utilizados para establecer la realidad mundana que estos comprenderán. Difícilmente se podría afirmar

que “eventos” y “estados de cosas” sean elementos con realidad ontológica, muy por el contrario, creo que son idealizaciones y, por lo tanto, aproximaciones más o menos acertadas dependiendo de nuestros intereses y punto de vista. De este modo, un “evento” se presenta como una representación aproximada de un cambio o serie de cambios de uno o varios sistemas, mientras que un “estado de cosas” intenta representar con mayor o menor eficacia la apariencia que tendría un sistema o sistemas determinados (a través de idealizaciones o modelos de los mismos) si fuera posible detener el continuo cambio del universo.

1.5.3. Paradojas de Zenón.

No todos los pensadores coinciden con esta visión fundamentalmente cambiante de la realidad. De hecho, ya en los albores de la filosofía clásica en el siglo VI a. C., Parménides de Elea, fundador de la escuela eleática, hace gran énfasis en la diferencia entre apariencia y realidad, afirmando que el cambio es una ilusión y que el camino de la verdad es el camino del ser, estático, eterno e ilimitado. Parménides llega a esta conclusión debido a su enfoque formalista: partiendo de la dicotomía Ser No-Ser y haciendo uso del principio de no contradicción (Reale y Antiseri, 2004: 55-60). De este modo, Parménides afirma que “el Ser es, y es imposible que no sea”, asimismo “el No-Ser no es y no puede ni si quiera hablarse de él”. De estos enunciados se concluye que el Ser únicamente puede ser uno (monismo), ya que, de haber varios Seres, estos deberían estar separados por algo que no fuera Ser y por lo tanto no existiría. Del mismo modo, el cambio no es posible ya que implica cambios en relación a otras cosas y como se ha dicho solo es posible la existencia de un solo Ser, por lo que no puede haber cambios relativos. Por otro lado, los cambios en el propio Ser no son posibles, ya que esto implicaría que el Ser o alguna de sus partes pasase a No-Ser, lo cual, desde las premisas de Parménides, no es posible ya que cuando una cosa cambia lo hace progresivamente llegando un momento en el que el Ser y el No-Ser deberían coexistir en la misma cosa, lo cual claramente entraría en conflicto con el principio de no contradicción.

El sistema parmenídeo causó un gran impacto en su época y en filósofos posteriores, como Platón. No obstante, también hubo detractores conscientes de que debido al modo en el que Parménides construye su teoría, en caso de aceptar sus premisas, se seguirían necesariamente sus conclusiones. Por esta razón, sus adversarios optaron por refutar su teoría a través de ejemplos evidentes que mostraban la realidad del cambio. Es aquí donde es relevante la figura de Zenón de Elea, discípulo de Parménides célebre por haber desarrollado una serie de paradojas mediante las cuales pretendía mostrar que las posiciones de los adversarios de la teoría de su maestro eran aún más contradictorias y absurdas que aquellas contra las que argumentaban; esto es, pretendía apoyar su tesis con el método de la reducción al absurdo (Reale y Antiseri, 2004: 60-61).

Zenón desarrolló varias paradojas, sin embargo, las de nuestro interés aquí son tres de ellas, ideadas con el objetivo de negar el cambio; el cambio a través del movimiento concretamente. Las paradojas son conocidas como “La Dicotomía”, “Aquiles y la tortuga” y “La Flecha”. Estas tres paradojas se pueden situar en dos grupos diferentes; en uno de ellos estarían “La Dicotomía” y “Aquiles y la tortuga”, dado que ambas tratan de negar el movimiento partiendo del supuesto en el que el espacio y el tiempo son infinitamente divisibles; y en el otro grupo, situaríamos a “La Flecha”, dado que el presupuesto de partida es que tanto el espacio como el tiempo son discretos y, por lo tanto, no pueden ser divididos infinitamente. A través de todas las paradojas se llega a la misma conclusión: el movimiento es imposible, ya sea que consideremos que el tiempo y el espacio son discretos, o bien continuos e infinitamente divisibles.

Comenzaré por exponer las dos paradojas (“La Dicotomía” y “Aquiles y la tortuga”) que niegan la posibilidad del movimiento en un escenario en el que espacio y tiempo son continuos y divisibles infinitamente:

La Dicotomía: supongamos que una persona desea ir de un punto A a un punto B, separados por una distancia S. Esta persona, para llegar al punto B en primer lugar deberá completar la mitad de la distancia $S/2$, sin embargo, tras haber recorrido esta distancia aun tendrá que recorrer la mitad de la

distancia restante, esto es $S/4$. Asimismo, tras haber recorrido esta segunda distancia, aun le quedará por recorrer la mitad de la restante, $S/8$, y así sucesivamente hasta el infinito. Por lo tanto, tenemos que para llegar del punto A al punto B es necesario realizar una serie infinita de trayectos en un tiempo limitado. Dado que Zenón considera que no es posible realizar infinitas tareas en un tiempo limitado, concluye que el movimiento no es posible.

Aquiles y la tortuga: esta paradoja es muy similar a la anterior, solo que en ella aparecen el personaje mítico Aquiles, conocido por su velocidad, y una tortuga. En ella, nos encontramos ante una carrera entre Aquiles y la tortuga, en la que a la tortuga se le deja cierta distancia de ventaja, digamos que 10 m. Si la distancia total a recorrer es de 100 m, el sentido común afirmaría que Aquiles alcanzaría enseguida a la tortuga y ganaría la carrera, pero aduciendo las mismas razones que en la paradoja de la “Dicotomía”, Zenón afirma que Aquiles jamás podría alcanzar a la tortuga ya que para hacerlo primero debería recorrer la mitad de la distancia que los separa, después la mitad de la mitad, y así hasta el infinito. Esto es, Aquiles debe realizar un número infinito de tareas antes de alcanzar a la tortuga en un tiempo finito.

Estas paradojas se pueden radicalizar aún más si, en vez de considerar que el sujeto en movimiento debe alcanzar una meta más o menos lejana, centramos la atención en el inicio del propio movimiento. Debido a la infinita divisibilidad del espacio, existe un número infinito de divisiones de distancias entre cualquier tramo que queramos considerar, por pequeño que sea. Así, para pasar de la posición inicial en s_1 al punto s_2 , existe una subdivisión de tramos infinita, independientemente de lo pequeño que sea el tramo; ni tan siquiera un tramo de 1 ym (10^{-24} m) podría ser completado. La distancia a recorrer es irrelevante, siempre será posible dividir infinitamente dicha distancia. Esto no solo conllevaría que las cosas no pudieran alcanzar cierto objetivo más o menos lejano, sino que no podrían comenzar el movimiento, ya que cualquier paso de una unidad numérica a otra es susceptible de ser dividida infinitamente en unidades más pequeñas.

Aristóteles adelantó la solución al problema. No obstante, no pudo hacerlo de un modo matemático, ya que en aquella época aun no existía el cálculo infinitesimal y, como en el caso de Zenón, se creía que la suma de una serie infinita de números, necesariamente, debía dar como resultado una cantidad infinita. Aristóteles, sin embargo, se percató de que no era lo mismo ser infinito en cantidad, que serlo por su división:

De ahí que sea falsa la argumentación de Zenón al suponer que los infinitos no pueden ser recorridos o que no es posible tocar una a una un número infinito de partes en un tiempo finito. Porque tanto la longitud como el tiempo, y en general todo continuo, se dice que son infinitos de dos maneras: o por división o por sus extremos. Ciertamente, no es posible durante un tiempo finito tocar cosas que sean infinitas por su cantidad, pero se las puede tocar si son infinitas por su división, porque en este sentido el tiempo mismo es infinito. Así, el tiempo en el que es recorrida una magnitud no es finito sino infinito, y las infinitas cosas no son tocadas en un tiempo finito sino en infinitos intervalos de tiempo (1994: 233a20-30).

Efectivamente, con esto, Aristóteles parece adelantar las conclusiones del cálculo infinitesimal. Esto es, el cálculo infinitesimal vino a demostrar matemáticamente aquello que Aristóteles adelantaba intuitivamente, que, al dividir infinitamente una cantidad finita, como resultado tendremos partes infinitamente pequeñas y por ello es precisamente que, al ser sumadas, estas no darían como resultado cantidades infinitas, sino finitas. Así pues, este primer grupo de paradojas quedaría disuelto ya que puede mostrarse matemáticamente que infinitas partes no tienen por qué dar como resultado un elemento infinito.

En nuestro caso, se observa que al dividir cada vez más el tramo a recorrer, cada vez se hace más pequeño, hasta ser infinitamente pequeño; por ello, el tiempo necesario para recorrer dichos tramos será cada vez inferior, hasta llegar a ser infinitamente pequeño, de tal modo que no sería necesario un tiempo infinito para completar dicho trayecto. Así, podemos concluir que este

grupo de paradojas tienen su origen en la ausencia de la noción de infinitesimal o infinitamente pequeño. Por ello, Zenón al carecer de esta noción creyó que al dividir un trayecto finito infinitas veces (fuese cual fuese su tamaño), habría de dar necesariamente como resultado un número infinito de tareas que, para realizarlas, requerirían a su vez de un tiempo infinito a la persona u objeto que se moviera.

Por otro lado, Whitrow (1961: 152), afirma que para poder evitar esta paradoja de la divisibilidad infinita, es preferible aceptar la hipótesis según la cual el espacio y el tiempo son discretos, esto es, no son infinitamente divisibles, sino que hay un punto en el que no se pueden fraccionar más. Con esta afirmación, se apuesta por un mundo configurado a través de átomos de espacio y tiempo. Sin embargo, esta posición no carece de dificultades, ya que si tanto espacio como tiempo son discretos, parecería que el dinamismo no sería posible, tal y como se tratará de mostrar y analizar en el caso de la “paradoja de la flecha”.

Considero que la solución dada por Aristóteles es el camino adecuado a seguir para poder superar esta paradoja. Tal y como afirma, “en un continuo hay un número infinito de mitades, pero solo en potencia, no en acto” (1994: 263a28), por lo que es un error concluir que un objeto en movimiento ha de pasar por todos y cada uno de las divisiones espaciales que realicemos. La división infinita del espacio no es algo actual, sino una mera posibilidad. De este modo Aristóteles desarma la paradoja, ya que esta depende precisamente de la existencia de infinitas partes, sin embargo, las partes no existen hasta que no se empieza a dividir.

Pasemos a analizar la “paradoja de la flecha”: debemos imaginar una flecha a gran velocidad en el aire. ¿Este objeto está realmente en movimiento? En esta paradoja se considera la hipótesis del tiempo discreto, según la cual el tiempo está compuesto por instantes indivisibles. Sin embargo, en cada uno de los instantes los objetos únicamente pueden ocupar un espacio igual al de su propio tamaño, o lo que es lo mismo, no puede haber movimiento en un instante. Dado que el movimiento de la flecha ha de ser algo que posea en cada instante y no en virtud de la posición ocupada en el pasado o en el

presente, se debe concluir que todo el tiempo que la flecha está en vuelo, esta se encuentra en reposo, ya que está en reposo en todos y cada uno de los instantes que componen la serie del evento. De este modo, Zenón trata de demostrar que el movimiento no es posible, por lo que todo debe permanecer estático e inmutable, tal y como afirma la doctrina de Parménides.

En el siglo pasado, Russell no solo reconoció la sutilidad y la profundidad de las paradojas ideadas por Zenón, sino que además aceptó que estas paradojas probaban la imposibilidad del movimiento:

Weierstrass, by strictly banishing all infinitesimals, has at last shown that we live in an unchanging world, and that the arrow, at every moment of its flight, is truly at rest. The only point where Zeno probably erred was in inferring (if he did infer) that, because there is no change, therefore the world must be in the same state at one time as at another. This consequence by no means follows... (Russell, 1903: 353).

De hecho, Russell (1903) apuesta por desarrollar la llamada *explicación estática del movimiento*, según la cual, en los instantes no se puede considerar que haya cambio o movimiento, sino que este se da únicamente en periodos de tiempo, o lo que es lo mismo, en una serie consecutiva de instantes. De este modo, se considera que un objeto está en movimiento únicamente si el lugar espacial que ocupa cambia a lo largo de los diferentes átomos de tiempo (en sentido estricto). Esto es, el movimiento no sería algo que pudiera suceder en un único instante, ya que en este no se puede dar el movimiento; por ello, se lo considera como una composición relativa de posiciones espaciales en diferentes momentos o puntos temporales. Sin embargo, esta concepción del movimiento implica una dificultad fundamental: Russell (1903, pp. 448-450) al defender una concepción del espacio como un agregado de puntos, parece apostar por una concepción del espacio discreta, en la que los puntos existentes entre dos puntos cuales quiera en el espacio serían finitos. En un escenario así, para que un objeto A se considere que está en movimiento ha de poseer una ubicación espacial diferente en distintos instantes, y para pasar

de un lugar espacial S_1 a S_4 , previamente debe haber pasado por S_2 y S_3 . Como consecuencia de esto, surge la siguiente situación: suponiendo un objeto A con una velocidad de $2v$ y un objeto B con velocidad v , que se desplazan en el espacio en la misma dirección y partiendo del mismo lugar espacial S_0 , tenemos que, en t_0 A y B se encuentran en el mismo lugar, sin embargo, en t_1 , ambos deberían modificar su situación espacial, dado que tienen cierta velocidad. Pero, si somos coherentes con las condiciones establecidas, A deberá haber pasado a estar en S_1 , mientras que B deberá permanecer en S_0 . Si esto es así, ¿qué sentido puede tener afirmar que B está en movimiento con una velocidad v , si entre t_0 y t_1 no ha cambiado su posición espacial? Parecería que, según la teoría de Russell, no podríamos afirmar que B esté en movimiento. Otra posibilidad sería que en t_1 , B se encuentre en S_1 , mientras que A se encuentra en S_2 . No obstante, esto implicaría que A ha pasado de S_0 a S_2 sin pasar por S_1 , lo cual viola las condiciones que se habían establecido previamente.

Hay casos en los que esta consideración no dará problemas, pero habrá otros muchos en los que sí. Así, si consideramos, tal y como hace Russell, que el espacio está compuesto por puntos espaciales y que A y B parten del mismo punto S_0 con las velocidades ya estipuladas, cuando B esté en S_1 , para que sea

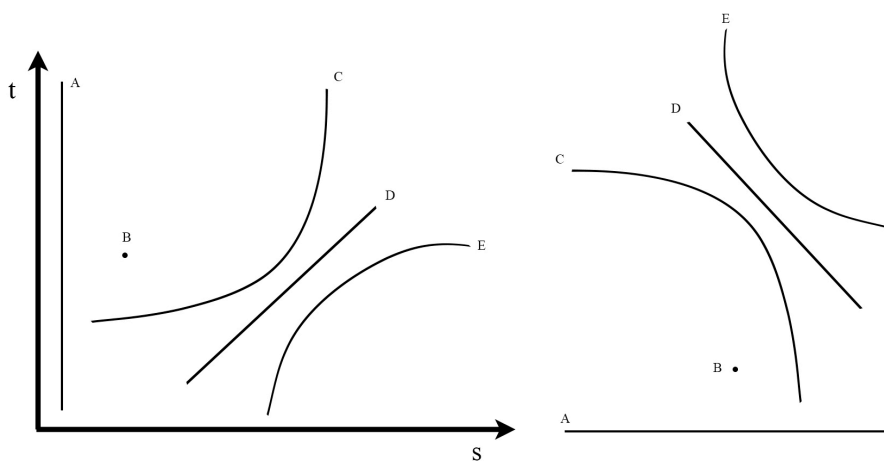


Figura 1.10: A la izquierda, una representación gráfica de los movimientos acelerados (C y E), velocidad constante (D), reposo (A) y una partícula cuya existencia solo dura un instante (B), según el marco de referencia que nos proporciona el eje de coordenadas. A la derecha, las mismas partículas, pero sin marco de referencia.

consistente afirmar que A está en movimiento a la mitad de la velocidad de B , A debería encontrarse a mitad de camino entre S_0 y S_7 . El problema es que, dicha mitad no existe, por lo que el objeto A no tendrá más remedio que permanecer estático en el punto de inicio hasta que pueda completar el salto completo a S_7 . Esto es lo que implica un espacio discreto compuesto de “átomos espaciales” finitos, que nada puede estar entre dos puntos del espacio.

Por otro lado, la teoría de Russell, resulta un tanto *ad hoc* en cuanto que parece una interpretación de la realidad que tiene su origen en las representaciones de coordenadas que se hacen del movimiento. Esto es, parece tomar la herramienta que se usa para representar de un modo simple lo que se observa en el mundo (mucho más complejo) y afirma que la realidad debe ser de este modo. No obstante, cabe considerar la siguiente objeción: si la realidad fuese tal y como afirma Russell, sería complicado saber qué es lo que vemos. Esto es así, porque en la realidad no poseemos ejes de coordenadas que nos digan qué dimensión es la temporal y cuál la espacial. Por lo que, si retiramos el eje de coordenadas (Figura 1.10), resulta que no sabemos qué partícula está en movimiento, cuál está en reposo, cuál acelera, etc., lo que estaría en consonancia con lo establecido por la Teoría de la Relatividad, dado que estas variables estarían determinadas en función del marco de referencia escogido (salvo la aceleración).

Sin embargo, hay una dificultad aún mayor. Sin el eje de coordenadas, no tendríamos la capacidad de discernir qué es lo que estamos observando, no sabríamos si hay una dimensión temporal o no, si lo que observamos es un instante, cosas en movimiento o simplemente líneas, curvas y puntos dispuestos de manera diferente. Parece complicado que de una imagen semejante y sin contexto alguno, fuera probable deducir que se trata de partículas, unas con velocidad inercial, otras acelerando, etc. Por todo ello, no parece muy conveniente sustituir la complejidad de la realidad por una representación simplificada de la misma. De hecho, este tipo de representaciones son elaboradas para simplificar y poder manejar más

fácilmente la complejidad de la realidad, no siendo su objetivo el de sustituir esa complejidad.

Para poder apreciar con más detalle las premisas de la paradoja y poder examinar y considerar la pertinencia de cada una de ellas, utilizaré la reconstrucción que hace Lear (1988) de la “paradoja de la flecha”:

- (1) Anything that is occupying a space just its own size is at rest.
 - (2) A moving arrow, while it is moving, is moving in the present.
 - (3) But in the present the arrow is occupying a space just its own size.
 - (4) Therefore in the present the arrow is at rest.
 - (5) Therefore a moving arrow, while it is moving, is at rest.
- (Lear, 1988: 84)

En primer lugar, es necesario clarificar que Lear trata la noción de “presente” del mismo modo en la que he estado utilizando la de instante; es más, el presente no es otra cosa que el instante en el que ocurren las cosas, así, el presente es al tiempo lo que el punto al espacio. Por lo tanto, debemos entender que el “presente” es un instante, el componente temporal más simple, por lo cual no tiene extensión y por lo tanto no es posible que se dé el movimiento en el propio instante. Esta noción de “presente” es la que hace posible la paradoja, por ello, Aristóteles, señala que la “[...] conclusión solo se sigue si se admite que el tiempo está compuesto de «ahoras», pero si no se admite la conclusión no se sigue” (1994: 239b30-3). Efectivamente, el problema no se encuentra en la premisa (1), que podemos aceptarla sin problema alguno, sino que se genera a raíz de la premisa (2); concretamente por la noción de “presente” que supone (tal y como se ha explicado). Si, por el contrario, dejásemos de entender la noción de “ahora” como un instante puntual sin extensión, la premisa (3) de Lear quedaría negada y sin ella, las conclusiones (4) y (5) no se seguirían.

Una vez observado que el origen de la paradoja se encuentra en una noción de “presente” o de “tiempo” entendidos como instantes puntuales en los que

no cabe movimiento alguno, se abre una ventana de posibilidad para solucionarla aportando una nueva interpretación de lo que es el “tiempo”, un “instante” o el “ahora”. Dado que la naturaleza y la definición del tiempo es algo que ya ha sido abordado en el subapartado (1.5.1), bastará con decir que el tiempo es la medida del cambio y que esta medida se realiza tomando como referencia un patrón cíclico de cambio; esto es, el tiempo no es otra cosa que el modo en el que medimos el cambio. Por otro lado, si consideramos que el cambio es un proceso continuo, tal y como se ha afirmado en el subapartado (1.5.2), deberemos concluir que los instantes no son algo real; no, al menos, desde un punto de vista ontológico, esto es, si el tiempo es la medida del cambio y este es continuo, significa que no existen los átomos temporales que constituyen el tiempo y que denominamos instantes. Esto se debe a la incompatibilidad de que, si concebimos que el cambio es continuo, por ejemplo cuando un objeto está en movimiento, este se encuentra en movimiento constantemente y por ello no es posible afirmar que el objeto posea una posición exacta. Sin embargo, tal y como se ha explicado, no ocurre lo mismo si consideramos que el tiempo está compuesto de instantes indivisibles, en los cuales, al ser infinitamente pequeños, todo permanece estático. La incompatibilidad de ambos modelos resulta patente. Sin embargo, considero que el modelo defendido aquí es más fiel a la realidad de la práctica científica, en la cual nunca es posible ofrecer con absoluta precisión la posición de un objeto en movimiento y que, por lo tanto, captura mejor la complejidad de la realidad. Esto no significa que los modelos científicos deban ser fieles a esta complejidad, ya que resulta mucho más útil (además de necesario) a efectos prácticos simplificar la realidad para poder manejarla. Sin embargo, cuando tratamos de hablar de la realidad, esta limitación de nuestros modelos y herramientas cognitivas deben ser tenidas en cuenta.

La práctica real de la medición temporal parece apuntar en el mismo sentido; si consideramos cualquier medición temporal, nunca se llegan a medir instantes temporales, sino que se miden intervalos. Esto es así porque se miden procesos cuya evolución es continua, por lo que siempre cabe precisar aún más la medida. Cuando se afirma que un evento ha tenido lugar en el minuto 5.00, en realidad, a pesar de ser presentado como la medida de un

instante, resulta ser un intervalo temporal; el comprendido entre el minuto 5,00 y el minuto 5,009999... No cabe duda de que se trata un problema de precisión, pero a pesar de que tratemos de ser lo más exactos posible y usemos las magnitudes e instrumentos de medida más finos, no podemos escapar de esta característica de la medición. Por ejemplo, si afirmamos que un suceso x ha ocurrido en 1,0000 yoctosegundo (1×10^{-20} segundos), de nuevo, a pesar de tener una precisión mucho mayor que en el caso anterior, seguiremos tratando con un intervalo temporal y no con un instante, ya que la medida mencionada abarcaría el intervalo de 1,0000 a 1,00009999... yoctosegundos. Asimismo, cuando decimos que algo ha durado una hora, se pueden tener grados de tolerancia diferentes, pero en los relojes convencionales suele ser de ± 1 s (concediendo que el reloj ni atrasa ni adelanta). Si a esto le sumamos el hecho de que el reloj perfecto no existe ni puede existir (los relojes no dejan de ser sistemas físicos que se ven afectados por otros sistemas de su entorno en mayor o menor grado y la elección de estos obedece a razones convencionales), deberemos concluir que la exactitud de la medición temporal es una quimera, ya que siempre se manejan grados de tolerancia en todas las mediciones y resulta imposible proceder de otro modo.

Pero si se afirma, como se ha defendido previamente, que no existen los instantes temporales, ello trae consigo ciertas consecuencias que deberíamos analizar y asumir. Comúnmente, la noción de “instante” suele ser utilizada para poder establecer puntos exactos en la evolución de los sistemas. Así, por ejemplo, diríamos que en el instante t_x la mezcla de café y leche de una taza se encuentra en un estado x ; también, se podría afirmar que un vehículo que circula a una velocidad de 50 km/h en el instante t_x se encuentra exactamente en S . Por el contrario, dado que hemos defendido la inexistencia de los instantes temporales, tanto por la imposibilidad de establecerlos a través de la medida como por la naturaleza continua de los cambios, resulta inviable sostener el que los cambios o los objetos en movimiento posean posiciones estáticamente precisas en el tiempo. Asimismo, Lynds (2003a, 2003b) defiende la idea de que los procesos físicos no poseen instantes precisos del siguiente modo:

Einstein's train does not have a precisely determined relative position to the track at any time, because it is not stationary at any time while in motion, for to have a precisely determined relative position at any time, the train would also need to be stationary relative to the track at that time. Conversely, the train does not have a precisely determined relative position at an ethereal precise static instant in time, because there is not a precise static instant in time underlying the train's motion. If there were, Einstein's trains motion would not be possible (Lynds, 2003b: 7).

Esta es, precisamente, la solución menos problemática y más acorde con la práctica real de la ciencia que se puede aportar a la "paradoja de la flecha". Ciertamente, si aceptamos que los procesos están constituidos por series ordenadas de instantes puntuales en los cuales todo se encuentra estático, resulta poco menos que imposible escapar a la paradoja que plantea Zenón y afirmar que el cambio o el dinamismo de la naturaleza son reales y no una ilusión a la que se llega por la imperfección de los sentidos. Sin embargo, si aceptamos el principio fundamental de que el tiempo no es una entidad física, sino más bien una herramienta conceptual que nos sirve para medir, ordenar y comparar los cambios que se suceden en la naturaleza, tal y como se ha venido defendiendo (a lo largo de toda la sección primera del presente trabajo) junto con la premisa de que los cambios son continuos, las consecuencias que se derivan de ello aportan una solución a la paradoja. Si el tiempo es un artefacto conceptual, entonces resulta evidente que la noción de instante también lo es, ya que la segunda se debe a la primera. Si el tiempo es un una construcción y el cambio es continuo, no queda espacio para poder realizar interpretaciones o teorías estáticas de la realidad como las de Parménides, Zenón o Russell.

Junto con las paradojas ideadas por Zenón para defender e ilustrar la necesidad de la doctrina de su maestro Parménides, se realiza una afirmación epistemológica de gran relevancia a la hora de tratar el problema. Se considera que el conocimiento basado en los datos de la experiencia siempre nos lleva a error, dado que los sentidos no son una fuente fiable de conocimiento. Por el

contrario, Parménides afirma que, si deseamos alcanzar la Verdad, el único camino posible es el de la razón. Esto es, se está proponiendo un análisis en el que los sentidos no jueguen papel alguno y en el que el conocimiento al que se llegue, sea el derivado del análisis racional (lógico) del lenguaje. Es así como Parménides, partiendo del *principio de no contradicción* y de la tautología “lo que es es y lo que no es no es”, desgrana lógicamente todo su sistema filosófico a través de la incompatibilidad del “ser” con el “no-ser”. Sin embargo, si únicamente nos basamos en nuestro lenguaje para dilucidar la naturaleza de la realidad, con seguridad caeremos en las trampas de este. Mosterín (2013a: 96-98), ilustra la situación en el sistema parmenídeo mostrando que al usar el mismo verbo para dos significados distintos, el predicativo (ser) y el existencial (existir), hace plausibles en griego razonamientos que en otros idiomas son absurdos:

En griego una sola palabra, el verbo *éinai*, desempeña las mismas funciones que en castellano asumen los verbos “ser” (o estar) y “existir” (o haber). La forma verbal *estí* significa tanto “es” (o “está”) como “existe” (o “hay”). Así nosotros no tenemos dificultad ninguna en decir que existe (o hay) un hombre que no es negro. En griego habría que decir que *estí* un hombre que no *estí* negro. Si no tenemos conciencia de esa equivocación de *estí* podemos enredarnos... (Mosterín, 2013a, 96).

Es así como en el sistema parmenídeo se hace posible negar el cambio, ya que para que un objeto A pase a ser B, significa que A no es B y por lo tanto, se concluye que A no existe. Sin embargo, esto solo es posible en griego dado su uso del verbo *éinai*; en castellano, por el contrario, sería absurdo ya que de la no identidad de A y B no se sigue la inexistencia de A.

Por otro lado, existe otra razón por la que la epistemología parmenídea es profundamente errónea e ineficaz. Esta realiza un análisis formal del lenguaje, pero a través de este medio únicamente no es posible aprehender la realidad del mundo. Tal cosa, supondría considerar que el lenguaje posee alguna cualidad mágico-divina que lo conecta con dicha realidad sin la

mediación de los sentidos. Hoy, sin embargo, esta afirmación resulta inaceptable. Si pretendemos que nuestro discurso acerca de la realidad del mundo sea riguroso, no solo deberemos mantener una estructura lógica en este, sino que además deberá ser contrastado (directa o indirectamente) con la realidad sensible. Esto es, el garante último de nuestro conocimiento no es un formalismo lingüístico férreo, sino una correcta adecuación con los datos de la experiencia que poseemos. Por lo tanto, no podemos despegarnos de las percepciones por mucho que en ocasiones nos lleven a error, ya que son la única fuente de conocimiento físico que poseemos. James (1909), explica perfectamente lo que ocurre cuando, por un exceso de “intelectualismo”, damos toda la confianza a nuestras elaboraciones conceptuales y ninguna a la experiencia:

The mathematical mind similarly organizes motion in its way, putting it into a logical definition: motion is now conceived as ‘the occupancy of serially successive points of space at serially successive instants of time’. [...] but the definition we have gained is of the absolutely static. It gives a set of one-to-one relations between space-points and time-points, which relations themselves are fixed as the points are. It gives *positions* assignable ad infinitum, but how the body gets from one position to another it omits to mention. The body gets there by moving, of course; but the conceived positions, however numerous multiplied, contain no element of movement, so Zeno, using nothing but them in his discussion, has no alternative but to say that our intellect repudiates motion as a non-reality. Intellectualism here does what I said it does – it makes experience less instead of more intelligible (James, 1909: 234).

Efectivamente, tal y como explica James, cuando nos despegamos por completo de la experiencia y nos basamos únicamente en nuestras reconstrucciones conceptuales para explicar la realidad, en ocasiones nos olvidamos de que nuestro objetivo en primer lugar era el de explicar nuestra experiencia. Sin embargo, en ocasiones terminamos por obviar o negar aquellas experiencias fundamentales que inician la búsqueda de explicación,

tachándolas de ilusorias. En el caso de la paradoja de la flecha, al conceptualizar la realidad a través de nociones discretas y discontinuas para describir una realidad continua, obtenemos unos términos que son capaces de ofrecer una importante ayuda en ciertos contextos, permitiéndonos manejar y computar ciertas situaciones de un modo muy eficaz. No obstante, con ellos es imposible representar ni explicar un movimiento continuo, dado que el carácter continuo del sistema es una característica que se pierde con la simplificación que supone un modelo. Con esto, no pretendo sostener que la conceptualización y la simplificación sean contraproducentes o negativas al conocimiento, sino todo lo contrario. Considero que las simplificaciones conceptuales son imprescindibles para el conocimiento humano y los modelos matemáticos de la realidad resultan muy útiles, ya que:

...la realidad es demasiado compleja para ser entendida completamente [...] por ello, el método de la ciencia moderna, y en especial el de la física, pasa por la construcción de modelos matemáticos de los sistemas empíricos. Esos modelos solo corresponden a la realidad que modelan con grandes dosis de aproximación, abstracción y simplificación. Pero nos permiten comprender una realidad de otro modo incomprensible, formular preguntas precisas y obtener respuestas aproximadamente correctas (Mosterín, 2013b: 130).

Por este motivo, debemos ser precavidos y no dar el salto de sustituir la complejidad de la realidad que pretendemos explicar por nuestras simplificaciones conceptuales o matemáticas.

Un claro ejemplo de que la mente humana necesita la simplificación para comprender y manejar la complejidad, la encontramos en la utilización del formalismo matemático, que nos permite simplificar realidades extremadamente complejas, las cuales de otro modo tal vez resultarían irrepresentables.

Del mismo modo, cuando describimos instantes de tiempo como puntos matemáticos, lo que hacemos es poner una cosa tan simple como un punto

en el lugar de una cosa extremadamente compleja: la realidad continua e irremediabilmente cambiante del universo. Y es que, con la estrategia de considerar el mundo como si estuviera constituido por instantes puntuales de espacio y de tiempo, podemos realizar la idealización de adjudicar a eventos, objetos o sistemas, instantes precisos en el tiempo y una posición exacta en el espacio, a pesar de que estén en movimiento continuo. Sin embargo, si aceptamos la complejidad de la continuidad del cambio, no sería posible adjudicar posiciones espacio-temporales exactas ni tan siquiera en principio, ya que algo que está en constante movimiento no posee una posición precisa ni espacial ni temporalmente hablando.

Ciertamente, la ciencia procede de tal modo que precisa simplificar la realidad, y este proceso de simplificación es crucial ya que dependiendo del modo en el que se haga, puede que ciertas partes del sistema que se pretende estudiar ya no se corresponda con su comportamiento observado; más aun, podría ocurrir que el modelo teórico que hemos construido para entender el sistema, al haberlo simplificado tanto, aislándolo, haciéndolo estático etc., haya dejado de parecerse en absoluto a la realidad que originalmente se observaba y se pretendía estudiar. Esto es, puede ser que hayamos construido un mal modelo teórico para nuestros propósitos. Este fenómeno ha sido habitual en la historia de la practica científica; la zoología nos ofrece un ejemplo de ello: en un inicio, se estudiaban los animales disecándolos, sacándolos de su entorno natural para poderlos observar en uno controlado. Sin embargo, los zoólogos se percataron de que, aunque esta práctica facilitaba enormemente su tarea, alteraba significativamente o sencillamente anulaba las conductas de los animales. Comprendieron que cuando se introduce a los animales en entornos controlados, ya no se comportaban como cuando se encontraban en libertad, relacionándose con el medio natural y otros animales. Por esta razón, hoy día, la zoología es una ciencia fundamentalmente de campo que estudia los animales en libertad, en su ámbito natural, para no alterar el comportamiento del objeto de estudio.

Evidentemente, cuando se construye una teoría o modelo basándonos en simplificaciones (como no puede ser de otro modo), es inevitable que surjan

inadecuaciones con la realidad. Por esta razón, es necesario resistir el impulso de considerar aquello que la teoría no comprende o es incapaz de explicar como una ilusión perceptiva, suponiendo que la realidad se corresponde con la simplificación que conllevan nuestras teorías, conceptualizaciones o modelos; obviando aquello que Einstein afirmaba sobre los modelos matemáticos, que “en la medida en que las proposiciones de las matemáticas se refieren a la realidad, no son ciertas, y en la medida en que son ciertas, no se refieren a la realidad” (Einstein, 1921: 3-4). Si la actividad científica en conjunto no procediera de este modo, correría el riesgo de descarrilar y perder la conexión con el mundo sensible, perdiendo, por lo tanto, su capacidad de explicar nuestra experiencia del mundo; actividad que es, en último término, el objetivo al que debería aspirar.

1.5.4. ¿A qué velocidad pasa el tiempo?

Adoptar el concepto de tiempo como una noción derivada de la conceptualización de la medición del cambio, es una estrategia que no solo nos aporta las ventajas epistemológicas, explicativas y de simplicidad ontológica que se han venido explicando, sino que, además, posee la capacidad de ahorrarnos alguna que otra dificultad implícita en la interpretación realista de la noción de tiempo. Prior, arrojaba algunas cuestiones relativas a los problemas que la noción de tiempo acarrea y que deberían ser respondidas:

The problem, of course, is that genuine flowing or passage is something which occurs *in* time, and *takes* time to occur. If time flows or passes, must there not be some ‘super-time’ in which it does so? Again, whatever flows or passes does so at some rate, but a rate of flow is just the amount of movement in a given time, so how could there be a rate of flow of time itself? And if time does not flow at any rate, how can it flow at all? (Prior, 1968: 35).

Se han ofrecido diferentes soluciones a estas preguntas. Price (1996, 2011), por ejemplo, afirma que el flujo temporal es imposible ya que es inviable

establecer una magnitud que sea capaz de describir la velocidad a la que el tiempo fluye de un modo aceptable y coherente:

... if it made sense to say that time flows then it would make sense to ask how fast it flows, which doesn't seem to be a sensible question. Some people reply that time flows at one second per second, but even if we could live with the lack of other possibilities, this answer misses the more basic aspect of the objection. A rate of seconds per second is not a rate at all in physical terms. It is a dimensionless quantity, rather than a rate of any sort (Price, 1996: 13).

Olson (2009), realiza una crítica similar a la iniciada por Price, solo que profundiza más en la problemática de la cuestión y además expande el rango de influencia de la crítica. En su análisis, ya no se considera únicamente que la velocidad de 1 segundo por segundo no sea una cantidad, sino que argumenta que no lo es porque esta supuesta cantidad, no deja de representar la división de un segundo por un segundo, y cuando se realiza dicha división simplemente se obtiene un número (1), ya que los segundos quedarían anulados (Olson, 2009: 5):

One second per second is one second divided by one second. And when you divide one second by one second, you get one. Not one of anything, just one. Dividing anything by itself, unless it is zero, gives you one. Sixty seconds per minute and twenty-four hours per day are also one, because sixty seconds is equal to one minute and twenty-four hours is one day. And one is not a rate of change. A thing can change at a rate of one mile per hour or one degree per minute, but not at a rate of one. 'One' cannot answer a question of the form 'How fast . . .?' or 'At what rate . . .?'. It can only answer a question of the form, 'How many...?', or more generally a question asking for a number. If we ask how many pigs are in the sty, the answer may well be 'one'. But if we ask at what rate something is changing – whether how fast the temperature is rising or at what rate things grow older – 'one' is not even a potential answer, right or wrong (Olson, 2009: 5).

Si atendemos a la crítica que realiza Price (1996, 2011) a la tesis del flujo del tiempo, parecería razonable circunscribirla únicamente a aquellas teorías que sostienen la existencia de un tiempo sustantivo, es decir, de una dimensión temporal que se haya en movimiento y que, gracias a este, se sucederían unos eventos a otros. Por ello, la hipótesis que he sostenido, según la cual el tiempo no es una sustancia material sino la medida del cambio, no parece ser interpelada. Sin embargo, Olson (2009) extiende el ámbito de la crítica e incluye en esta toda concepción dinámica de la realidad, entendida como “el proceso genuino de cambio de propiedades temporales, eventos o de objetos persistentes” (Olson, 2009: 4). Según esta afirmación, la tesis que sostengo de que la realidad es dinámica y que el cambio en los sistemas físicos es, al menos, uno de los elementos fundamentales que la configuran, caería dentro del rango de su crítica; a pesar de no concebir el tiempo como una sustancia o dimensión con realidad material sino conceptual, a modo de concepto métrico de medición del cambio que sufren los sistemas u objetos físicos. Así, siguiendo la lógica de la crítica, cabría preguntarse por la velocidad en la que se producen estos cambios en los sistemas, no teniendo más remedio que contestar algo equivalente a “un segundo por segundo”, realizando de este modo una afirmación carente de sentido.

Por otro lado, también ha habido autores que han argumentado en contra de esta estrategia cuyo objetivo es intentar negar el dinamismo. Por ejemplo, Maudlin (2002, 2017) afirma que no hay nada extraño en afirmar que el tiempo pasa a un segundo por segundo. Para ilustrar su argumento, hace una comparación con la noción de valor de cambio entre diferentes monedas. Así, cuando realizamos un cambio equivalente de una moneda a otra, esperamos poder comprar la misma cantidad de cosas. Una vez establecido qué sería un tipo de cambio de moneda justo, Maudlin (2002: 262) pregunta: ¿Cuál sería un tipo de cambio justo de dólares por dólares? Evidentemente, afirma, que este cambio sería el de un dólar por dólar. Así pues, según Maudlin, si tiene sentido un tipo de cambio justo de un dólar por dólar, igualmente debe tenerlo que un segundo tarde un segundo en transcurrir:

A rate of one second per second is no more a dimensionless number than an exchange rate of one dollar per dollar is free of a specified currency. Price seems to suggest that the units in a rate can ‘cancel out’, like reducing a fraction to simplest terms. Any rate demands that one specify the quantities put in the ratio: without the same quantities, one no longer has the same rate (Maudlin, 2002: 262).

Raven (2011), también es crítico con los que sostienen que no es posible una medida del paso del tiempo del tipo “un segundo por segundo”. Este, afirma que el problema viene de confundir dos conceptos bien diferenciados: los índices de cambio (tasa, ritmo, *rate* en inglés) sin dimensión por un lado y los índices de cambio adimensionales por otro. Como es sabido, una dimensión es una conceptualización de las cantidades de las propiedades métricas o topológicas de un objeto físico o matemático; por ejemplo, las magnitudes de distancia o tiempo. De este modo, las unidades son la cantidad de medida de las dimensiones, usándose habitualmente el metro como unidad espacial y el segundo como unidad temporal. Finalmente, señalar que el índice de cambio es una proporción entre la cantidad de una unidad de medida de una dimensión determinada y una segunda cantidad de una unidad de medida relativa a una dimensión.

Raven (2011: 461), establece esta diferencia conceptual cuya ignorancia lleva a otros autores a error. Para salir de la confusión, es necesario percatarse de que no es lo mismo que un índice de cambio sea “sin dimensión” (carente de unidad) o “adimensional” (como los números cardinales). Ser “sin dimensión”, significa que los índices de cambio poseen las mismas dimensiones. Así, por ejemplo, si el índice de cambio de la velocidad de un objeto es m/s , sería un índice dimensional, mientras que el índice s/s sería un índice “sin dimensión”, que en ciertas operaciones de conversiones a otras unidades de medida, podrían ser canceladas para facilitar el cálculo. Sin embargo, ser “adimensional” significa ser un número cardinal que únicamente expresa cantidad, tratándose de una cantidad vacía ya que no hace referencia a nada físico. He aquí la confusión que señala Raven, acerca de la técnica de ignorar o anular la unidad de medida dimensional en las operaciones de

conversión de unidad. Algunos autores han interpretado que dichas unidades son equivalentes a números cardinales en todos los sentidos:

No-raters conflate dimensionless rates with adimensional quantities. They correctly recognize that the units of a dimensionless rate are, in a sense, arithmetically irrelevant: they can be cancelled. But this does not entail that the alleged rate is adimensional. Cancelling units is a heuristic for calculating how a quantity measured in these units scales to those units. It is possible only if the quantities have the same dimension, and so it cannot entail the lack of any such dimension. As a result, the dimensionless rate 1 second per second is not adimensional, hence it is not 1 (Raven, 2011: 461).

Finalmente, voy a considerar brevemente el intento de Savitt (2011) por darle un sentido más preciso a la oración “el tiempo pasa a un segundo por segundo”. Previamente, Schlesinger (1980, 1994) trató de dar una respuesta más satisfactoria a la pregunta por la velocidad a la que pasa el tiempo. Para ello, hipostasiaba una dimensión temporal extra, de modo que al tener dos dimensiones temporales, cuando se habla de que el tiempo pasa a un segundo (s) por segundo (s), surge la posibilidad de que la velocidad de la primera dimensión temporal sea medida en relación a la segunda. Sin embargo, se podría objetar que utilizando esta solución caeríamos en una regresión al infinito, debido a que también podríamos preguntarnos a qué velocidad pasa el tiempo de esta segunda dimensión, por lo que habría que hipostasiar una tercera dimensión temporal y así sucesivamente hasta el infinito. Schlesinger (1980: 32), afirma que no es necesario el postulado de nuevas dimensiones, por lo que se evitaría la serie infinita de dimensiones temporales de referencia. Básicamente, propone considerar que estas dos dimensiones temporales se usen como referencia recíproca; de este modo, cuando queramos saber a qué velocidad pasa un segundo (s), esta se establecerá en relación a la segunda dimensión temporal (s'). Por lo tanto, cuando se preguntase por el índice de cambio de la primera dimensión, este tendría la siguiente forma: $\times s/s'$. Del mismo modo, cuando lo que se pretenda definir sea el índice de cambio de la segunda dimensión temporal postulada, no sería necesario recurrir a una

tercera dimensión, ya que se podría realizar en relación a la primera. Así pues, cuando se hablase de la velocidad del transcurso de los segundos en esta segunda dimensión, se expresaría del siguiente modo: $x s'/s$.

Sin embargo, esta propuesta no parece muy adecuada por dos razones principales. En primer lugar, no queda en absoluto claro el modo en el que se podrían relacionar los eventos de ambas dimensiones. Esta dificultad, emana principalmente del hecho de que no se conozcan más dimensiones temporales que aquella en la que nos encontraríamos inmersos¹¹. Además, lo más probable es que jamás se descubra una segunda dimensión temporal, dado que ni tan siquiera somos capaces de percibir la primera. Lo que percibimos son los cambios que sufren los diferentes sistemas físicos que podemos observar; no vemos horas pasar, ni segundos, únicamente relojes que cambian y que en último término no son otra cosa que sistemas físicos en constante cambio, ya sea este más o menos regular. Ocurre que, en ocasiones, para dar sentido a las medidas temporales y espaciales, parece ser de ayuda heurística el concebir un espacio dimensional dentro del cual las cosas cambiarían (dimensión temporal), u otro espacio en el que se expresarían las características geométricas de los objetos y sus relaciones (dimensión espacial). No obstante, en puridad, no tenemos noticia de tales dimensiones sino únicamente de cambios en los sistemas físicos y de sus características geométricas y espaciales. Por ello, no parece tener demasiado sentido el tratar de resolver el problema de este modo.

En segundo lugar, tal como remarca Oaklander (1983: 391), si la concepción de una dimensión temporal que fluye ya es de por sí bastante problemática, no resulta razonable considerar que añadiendo una nueva dimensión, igualmente problemática, se solucionarán los problemas de la primera; más

¹¹ En esta frase, no estoy aceptando la realidad de una supuesta dimensión temporal, sino que parto del marco conceptual habitual en el que se enmarca la discusión. No puedo aceptar esta tesis, ya que, si el tiempo es la medida del cambio, no puede haber tal cosa como una dimensión temporal. En esta tesis, las dimensiones físicas son estrategias cognitivas adoptadas por los seres humanos para poder controlar y medir los cambios que sufren los sistemas físicos, medir objetos, sus distancias relativas, niveles energéticos, etc.

bien lo contrario, lo más probable es que los incrementos, dado que junto con la nueva dimensión temporal los problemas de la primera se verán duplicados.

Por su lado, Savitt (2011) trata de interpretar el problema desde el marco conceptual de la Teoría de la Relatividad Especial (TRE). Tal y como se ha explicado previamente (subapartado 1.2.5), la TRE predice los efectos de la dilatación temporal y la contracción espacial de los objetos en movimiento relativo. Savitt, trata de dar sentido al problema comprendiéndolo como una consecuencia de la contracción temporal predicha por la TRE. En la TRE, se podría decir que se dan dos tipos de movimiento: a través del espacio y a través del tiempo. La suma de ambos movimientos debe dar como resultado la velocidad de la luz; por ello, un objeto que está en reposo y no se traslada espacialmente, únicamente se moverá a través del tiempo. Por el contrario, cuando el objeto tiene una velocidad relativa igual a la velocidad de la luz, todo su desplazamiento será espacial, por lo que los relojes de dicho sistema no medirán el tiempo. Evidentemente, existirán infinitas configuraciones intermedias en las que la velocidad del objeto se encuentre entre cero y c (velocidad de la luz). En palabras de David Mermin:

Now a stationary clock moves through time at 1 nanosecond per nanosecond and does not move through space at all. But if the clock moves, there is a trade-off: the faster it moves through space—i.e. the larger v is—the slower it moves through time—i.e. the smaller T_0/T is—in such a way as to maintain the sum of the squares of the two at 1. It is as if the clock is always moving through a union of space and time—spacetime—at the speed of light. If the clock is stationary then the motion is entirely through time (at a speed of 1 nanosecond per nanosecond). But in order to move through space as well, the clock must sacrifice some of its speed through time, in order to keep the total speed through spacetime equal to 1 (Mermin, 2009b: 87).

Teniendo esto presente, no resulta difícil percatarse de cuál es la estrategia usada por Savitt para dar sentido al problema de la velocidad del tiempo. En

primer lugar, Savitt (2011: 8) interpreta la medición del tiempo realizada por un reloj ideal como la mejor aproximación que se puede realizar, desde la física, del paso del tiempo. Así pues, podríamos suponer que el parámetro temporal que nos ofrece un reloj T_0 ubicado en S , será el de nuestro marco de referencia y por lo tanto, considerado en reposo relativo. Por otro lado, si situamos un reloj T_1 en un sistema S' que se encuentra en movimiento relativo y digamos que este sistema se desplaza a una velocidad v relativa de la mitad de la velocidad de la luz, esto es, $1,5 \cdot 10^8$ m/s, se puede dar cierto sentido al enunciado “el tiempo pasa a un segundo por segundo”. Efectivamente, si se tienen en cuenta los efectos relativistas, T_0 y T_1 no coincidirán en sus mediciones temporales cuando se encuentren en movimiento relativo, sino que lo harán únicamente cuando estén en reposo relativo. Por lo tanto, siguiendo con el ejemplo, si S' se desplaza a una velocidad relativa de $1,5 \cdot 10^8$ m/s, y como la suma de movimiento total del sistema, espacio-temporalmente, ha de permanecer constante en c , T_1 al estar en movimiento espacial tendrá que reducir la cantidad de movimiento temporal. Podemos calcular ese desfase de medición entre T_0 y T_1 usando la siguiente ecuación extraída de la transformación de Lorentz, conocida como “factor de Lorentz”, γ , (suponiendo que el origen de coordenadas de ambos los sistemas de referencia S y S' sea el mismo para $t = 0$):

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Saturando las variables de la ecuación obtendremos las unidades de tiempo medidas, según nuestro reloj en reposo T_0 , por cada unidad de tiempo que mide el reloj T_1 del sistema en movimiento relativo. Se observa, que cuanto mayor sea v más lento transcurrirá el tiempo en el sistema en movimiento, llegando a pararse en caso de alcanzar la velocidad de la luz. Asimismo, el incremento de γ no es lineal, sino mucho mayor.

En el caso que nos ocupa, dado que hemos escogido una v para S' de $1,5 \cdot 10^8$ m/s, obtenemos un valor de $\gamma = 1,1547$. Esto significa que, en estas condiciones, por cada unidad de tiempo transcurrida en T_1 , en T_0 transcurren

1,1547 unidades de tiempo. O lo que es lo mismo, debido a la velocidad relativa a la que se desplaza S' , para cuando T_1 mide 1 s, T_0 ha medido 1,1547 s. De este modo, Savitt afirma que podríamos decir que el tiempo transcurre a un segundo (de T_1) por segundo (de T_0), cuando ambos sistemas se encuentran en reposo relativo; o utilizando las anteriores condiciones, tendríamos que decir que en T_1 el tiempo pasa a 0,866 segundos por segundo de T_0 .

Ciertamente, la solución que aporta Savitt al problema es eficaz a la hora de dar cierto sentido a un escenario en el que se afirme que “un reloj mide un segundo por segundo”. No obstante, no es este el caso que nos atañe; no parece que cuando se afirma que “el tiempo pasa a un segundo por segundo” lo que estemos constatando sea simplemente el comportamiento que muestra determinado instrumento de medición temporal respecto de otro reloj que tomemos como marco de referencia; por el contrario, al hacer una afirmación de este tipo, parece haber un compromiso ontológico con cierta entidad o dimensión temporal de la cual afirmamos que presenta un comportamiento determinado. En ese caso, desde el punto de vista que he venido manteniendo, no habría nada que objetar; no obstante, considero que no es adecuado interpretar las palabras que, de facto, dicen o escriben otros autores, para suponer que se refieren aquello que no dicen.

Un claro caso de ese proceder, es el de Tallant (2016), quien parece confundir su propia visión de cómo debería entenderse un mundo dinámico, con cómo lo han entendido y expresado otros autores:

Suppose that you are a dynamic theorist of time. You do not, then, think that there is a thing, time, that passes. Rather, you think that things change. Indeed, by I take you to be committed to the truth of the claim that ‘certain times or events are absolutely present, and there is continual change in respect of which ones they are’. So be it. But that is not to say that *time* passes; for to say that *time* passes is to say that there is an entity, time, and that it performs an action: passing. And that is not something that *any* dynamic theorist (that I am aware of) has ever argued (Tallant, 2016: 44).

Comparto con Tallant lo que él considera que debería entenderse por tiempo dinámico, pero discrepo con su afirmación de que no se haya defendido dicha postura. Si cuando se habla del flujo del tiempo no estamos hablando de la acción de cierta dimensión contenedora de eventos u objetos, sino que, lo que se pretende afirmar es que las cosas cambian de acuerdo a un ritmo relativo, entonces no es posible comprender los intentos de dar sentido a dicho flujo a través de la postulación de una nueva dimensión temporal a la Schlesinger (1980). Del mismo modo, de no entender la cuestión en su sentido literal, sería difícil comprender que autores como Broad (1968: 125), Smart (1949: 484; 1980: 4), Williams (1951) o Black (1959: 56) se hayan preocupado por la cuestión y hayan sostenido que para poder afirmar que el tiempo pasa a “un segundo por segundo”, sería necesaria una segunda dimensión temporal (a pesar de que algunos se hayan mostrado contrarios a esta posibilidad). El propio Black afirma:

I am quite sure that writers who do ascribe a “direction” to time are thinking of time as something that moves or flows. Their thought seems to be about as follows: “Time is *always* passing, and cannot be arrested. Future events become present, and then move back into the past. And once past, they remain forever past and unchangeable. You cannot revisit the past. Time always flows the same way, from the future, through the present, to the past.” Any number of proverbial sayings show how natural it is to talk in this way (Black, 1959: 56).

Asimismo, tampoco sería muy lógica la discusión en torno a la posibilidad de que los autores cuando hablan acerca del tiempo, lo hagan sobre una sustancia o una metáfora que se refiere al cambio que observamos en el mundo, ya que el cambio y medida relativa de un reloj es algo completamente trivial y aceptado; lo que no es tan trivial es la existencia de una dimensión temporal como tal y su relación con el devenir y la realidad de los sistemas materiales. Finalmente, de aceptar esta tesis, tampoco tendría sentido el uso que algunos autores como Price (1996, 2011) u Olson (2009) hacen de la discusión acerca de una hipotética unidad que nos informe de la velocidad a la que pasa el tiempo. Estos autores, se toman en serio a los demás

pensadores cuando afirman la existencia de un flujo temporal. Por ello, utilizan sus argumentos para sustentar su posición negativa a los que proponen establecer dicha unidad de paso del tiempo, rechazando así la posibilidad de que el flujo temporal sea algo real:

Indeed, perhaps the strongest reason for denying the objectivity of the present is that it is so difficult to make sense of the notion of an objective flow or passage of time (Price, 1996: 13).

Si considerasen que cuando otros pensadores hablan de flujo temporal únicamente se tratase de una metáfora, ¿para qué molestarse tanto en responder y contraargumentar en laboriosos y extensos textos? Creo que lo más sensato es tomar en serio esta cuestión y responder a ella en consecuencia.

Por lo tanto, estoy de acuerdo con Tallant en que no tiene sentido pensar que hay una entidad llamada tiempo que fluye y hace que la realidad cambie, tal y como he referido previamente. Más bien, diría que lo que cambia es el sustrato, o sustratos, que componen la realidad; por lo que sabemos a día de hoy, este sustrato podría ser la materia-energía que está en constante cambio formando toda la realidad que existe y transformándola incesantemente. Son estos cambios de la materia-energía los que utilizamos para elaborar relojes, ya que hay ciertos sistemas que cambian de un modo que nos permite comparar más eficientemente los cambios de los otros sistemas. Pero en último término, tal y como se ha expuesto en el subapartado 1.5.1, la elección del sistema que se utilice como reloj es un acto convencional y lo que se procura fundamentalmente al elegir entre un sistema de referencia u otro, es que permita observar la regularidad del resto de sistemas; posibilitando de este modo que cuando se elaboren leyes científicas, estas sean más simples que si se hubiese elegido otro sistema diferente como referencia.

Así pues, si consideramos que el tiempo no es otra cosa que la medición del cambio y no una extravagante y escurridiza entidad, se puede dar una respuesta diferente a la pregunta por la velocidad del paso del tiempo. Para responder a “¿A qué velocidad pasa un segundo?”, deberemos tener en

cuenta en primer lugar, que el tiempo al ser la medida del cambio es un fenómeno humano, o mejor dicho, un concepto humano; sin la humanidad (u otro tipo de seres vivos capaces de medir el cambio) no habría tiempo, pero sí que seguiría habiendo cambios: la vida en el mundo seguiría su curso hasta que la tierra fuese inhabitable, el sol continuaría consumiendo el hidrogeno que contiene hasta agotarlo y entonces se convertiría en una estrella gigante roja que probablemente creciese tanto que engulliría la Tierra, Venus y Mercurio; a su vez, la Vía Láctea seguiría orbitando alrededor del gran agujero negro que se encuentra en su centro y acabaría por absorber la cercana galaxia Enana Elíptica de Sagitario; y hasta donde sabemos, el universo seguiría con su inexorable expansión. En segundo lugar, es necesario tener presente que es la comunidad científica la que escoge un sistema determinado en función de las necesidades de la actividad científico-técnica del momento, que servirá como sistema de referencia de medición temporal; es por esto que el patrón de referencia avanza según va progresando el conocimiento científico-técnico, ya que van surgiendo nuevas necesidades y posibilidades (no es lo mismo la sincronización de los relojes en la era del tren de vapor, que en la de Internet, de los GPS o aceleradores de partículas).

Dicho esto, cuando preguntamos por la velocidad a la que pasa el tiempo debemos tener en cuenta que estamos hablando de un sistema de medida, por lo que una pregunta de este tipo no tendría sentido alguno. El segundo, tal y como se ha explicado en el subapartado 1.5.1, es una unidad de medida convencional, por lo que no tiene sentido preguntar a qué velocidad pasa un segundo, ya que este viene definido por el ciclo de cambio físico de un sistema determinado. Del mismo modo, tampoco tiene sentido preguntarse cuánto mide un metro o cuánto espacio ocupa un metro, dado que estas unidades son utilizadas como patrones de referencia relativa. Las unidades métricas son utilizadas para medir, ya sea el cambio, las cualidades espaciales de objetos físicos, o la relación espacial entre ellos, pero no para medirse a sí mismas. Si tuviésemos constancia empírica de la existencia del espacio-tiempo como sistema físico y no solo conceptual, entonces la situación cambiaría, podríamos preguntarnos por la medida del metro y cómo de rápido pasa un segundo de manera absoluta. Pero, por el momento, el espacio-tiempo parece

ser una entidad inobservable y los fenómenos que se pueden explicar con este concepto, como ya se ha visto en el apartado 1.2, podrían explicarse de modo relacional sin necesidad de postular un espacio-tiempo sustantivo.

La situación cambiaría ligeramente si cuando preguntamos por la velocidad a la que pasa un segundo, lo que queremos decir es a qué ritmo cambian los sistemas físicos, en vez de pensar en una entidad o dimensión temporal que fluye por sí misma. En este caso, estaríamos preguntándonos por el ritmo al que cambian las cosas, lo cual en principio podría parecer razonable ya que medimos estos cambios. Sin embargo, si analizamos la situación con cuidado, no es difícil percatarse que ofrecer una respuesta absoluta a dicha pregunta es imposible. Efectivamente, podemos medir los cambios, pero esas medidas son de naturaleza relacional y no existe más posibilidad que proceder de este modo; a menos que nuestro conocimiento de la realidad cambie radicalmente y podamos medir el tiempo directamente de la hipostasiada dimensión temporal. Debemos tener presente que cuando utilizamos el sistema de medida temporal y decimos que un proceso determinado ha tenido una duración de x segundos, o que A ocurrirá en y cantidad de tiempo, no es posible hablar en términos absolutos, sino que siempre estamos haciendo referencia a un sistema de medida temporal (relojes) y realizando una comparación o una predicción entre dos sistemas cambiantes: uno como sistema a medir y el otro como referencia. Sin embargo, no se puede eludir la convencionalidad de este proceder, consistente en que ciertos sistemas son escogidos por convención para definir las unidades temporales y espaciales en función de su idoneidad para establecer regularidades respecto de los sistemas cambiantes a medir. Por ello, la medida temporal se agota en el sistema que la define. Cuando preguntamos por la duración de un segundo, no queda más remedio que remitirse al sistema físico que convencionalmente se ha elegido para definirlo o establecer algún sistema equivalente, pero no se podrá eludir la referencia a un sistema físico que cambie.

Así pues, no existe una referencia absoluta que nos indique la velocidad a la que transcurren las cosas, sino que esto es calculada gracias a adquirir patrones de referencia convencionales. Sin embargo, el hecho de que no

podamos decir a qué velocidad pasa algo de un modo absoluto, sino únicamente de un modo relacional, esto es, teniendo como referencia otro sistema cambiante, no implica que el cambio sea imposible, únicamente significa que no podemos dar una medida del cambio absoluta.

1.5.5. Cambio versus tiempo.

Según lo que he defendido, el tiempo no es un ente o dimensión física perteneciente a nuestro mundo, sino, un concepto que nos ayuda a manejarnos en el mundo en el que vivimos. A partir de lo cual, no debe entenderse que el tiempo es una ilusión y considerar que los atributos que comúnmente se le atribuyen son falsos; más bien, lo que ocurre es que hemos abstraído ciertas características propias de la naturaleza cambiante de la materia-energía y hemos ido saturando con ellas el concepto métrico del tiempo, mientras que el concepto de naturaleza cambiante, en constante flujo, ha ido quedando cada vez más vacía.

Esto se hace especialmente visible cuando consideramos los enunciados de algunos físicos y filósofos acerca de la naturaleza del tiempo. Como se puede ver por las siguientes citas, esta concepción del tiempo en la que se lo considera como una especie de contenedor en el que las cosas suceden no es nueva, ya Newton en sus *Principia* lo manejaba; sin embargo, perdura hasta el día de hoy:

Todas las cosas están situadas en el tiempo según el orden de sucesión... (Newton, 1687: 34-35).

Nuestra intuición nos dice de nuevo que todo lo que ocurre en el mundo ocurre en el tiempo. [...] Tenemos la impresión de que hay un único tiempo en el que ocurre todo lo que ocurre, abarcando cualquier proceso extenso una parte del tiempo total del mundo (Sklar, 1994: 35).

Change and flow and motion all presuppose the passage of time, so the reality of change is bound up with the reality of time's passage [...] (Maudlin, 2002: 260).

We see change, and change is the variation of properties with respect to time. Without time, the world would be completely still (Callender, 2010: 42).

We never see time itself, just the things that take place in time. We do not seem to be able to affect time, just the things taking place in time. And so on (Arntzenius, 2012: 7).

En todas estas afirmaciones acerca de la naturaleza del tiempo, encontramos algo en común: que el tiempo es una especie de receptáculo en el que suceden las cosas, o bien que el cambio es un fenómeno natural que se define o que su condición de posibilidad es, precisamente, la existencia de esa entidad o dimensión temporal. Asimismo, en algunos casos, es muy fácil llegar a definiciones circulares debido a que se introducen conceptos temporales en la definición de tiempo, tal y como hemos tenido oportunidad de ver en el apartado sobre la Teoría Causal del Tiempo (1.3). En otras ocasiones, se llega a definiciones igualmente circulares ya que se trata de definir el cambio utilizando como base el concepto de tiempo: “Change is merely the having of different properties at different times” (Callender, 2017: 11); y a la vez, definiendo el tiempo utilizando el concepto de cambio, ya que resulta realmente difícil concebir el tiempo sin el cambio. De modo que se cae en un círculo vicioso en el que el tiempo define el cambio y a su vez es definido por este:

Por otra parte, no sólo medimos el movimiento por el tiempo, sino también el tiempo por el movimiento, pues ambos se delimitan entre sí: el tiempo delimita un movimiento al ser el número de ese movimiento, y un movimiento delimita al tiempo (Aristóteles, 1994: 220b15).

Por lo tanto, siguiendo la línea argumental que se ha llevado hasta el momento, defenderé, en primer lugar, que el tiempo no es una dimensión o entidad necesaria para la existencia del cambio ya que es precisamente este el que cobra sentido gracias al cambio; el cual, es un fenómeno natural difícilmente cuestionable que impregna todo lo conocido hasta el momento.

En segundo lugar, y en relación con el primer argumento, trataré de romper ese círculo vicioso que supone la concepción de que el tiempo es necesario para que haya cambio y viceversa; apostando decididamente por el cambio como realidad irreductible y básica de la naturaleza.

La concepción de que el tiempo es dependiente del movimiento, o algún tipo de cambio, ha sido recurrente a lo largo de la historia de la filosofía. Así, por ejemplo, Platón (*Timeo* 38b-39d) afirma que el movimiento de los cuerpos celestes es tiempo; Hume (1740: 85) por su parte, asevera que la idea de tiempo debe “derivarse de una sucesión de objetos mudables, por lo que el tiempo –en su primera manifestación– no podrá estar nunca separado de tal sucesión”; o el propio Mach (1912: 189) que defiende que el tiempo es una abstracción a la que llegamos a través del cambio que observamos en las cosas. Sin embargo, del mismo modo que ha habido filósofos que han defendido esta posición, otros han apostado por opciones intermedias u opuestas. Entre ellos se encuentra Aristóteles, quien en la *Física*, a pesar de reconocer que el tiempo no es posible sin el cambio, niega la posibilidad de que el cambio pueda constituir la naturaleza del tiempo:

Pero, puesto que se piensa que el tiempo es un cierto movimiento y un cierto cambio, habrá que examinar esto. Porque sólo hay cambio y movimiento en la cosa que está cambiando o allí donde se dé el caso que algo se mueva o cambie; pero el tiempo está presente por igual en todas partes y con todas las cosas. Además, todo cambio es más rápido o más lento, pero el tiempo no lo es. Porque lo lento y lo rápido se definen mediante el tiempo: rápido es lo que se mueve mucho en poco tiempo, lento lo que se mueve poco en mucho tiempo (Aristóteles, 1994: 118b10).

Considero que la razón aducida por Aristóteles para negar que el tiempo sea fundamentalmente cambio es errónea. Este afirma que es posible que no haya movimiento en todos los lugares, por lo que sería difícil sostener que en dichos lugares haya tiempo, si es que este es algún tipo de movimiento. No obstante, cabría poner este argumento en entredicho, ya que hoy día, desde el

conocimiento científico bien establecido que poseemos, resulta difícil afirmar que un sistema se encuentre en reposo absoluto o que esté totalmente carente de cambios. Ciertamente, podemos decir en un nivel no técnico que muchos objetos se encuentran en reposo, que no presentan cambio alguno. Sin embargo, desde un punto de vista del conocimiento científico actual, tendríamos que reconocer que, dado que el universo se encuentra en expansión, todo él y todo su contenido se encuentra en expansión también, luego en movimiento relativo.

Asimismo, desde un punto de vista microscópico, a pesar de que a simple vista los objetos materiales puedan parecer en reposo, sabemos que a no ser que estos se encuentren a una temperatura de cero absoluto (temperatura a la que el sistema posee el nivel de energía más bajo posible y en el que los electrones caen sobre el núcleo), seguirán teniendo movimiento molecular. Además, podríamos poner en entredicho la posibilidad de que los sistemas alcancen el cero absoluto ya que, según la mecánica cuántica, no es posible alcanzar dicho estado, ya que siempre ha de quedar una energía residual que permita cumplir el principio de indeterminación de Heisenberg. Según este principio, nunca podremos saber la posición y la velocidad exactas de una partícula, pero si se alcanza el cero absoluto, podremos conocer la velocidad y la posición exactas de la partícula ($v = 0$ y $p = \text{núcleo del átomo}$), por lo que una partícula que se halle confinada en un espacio muy pequeño, nunca podrá tener velocidad cero o energía cero, es más, cuanto más pequeño sea el espacio en el que se encuentre, mayor será su energía (Tipler, Mosca, 2010b: 1189-1190). Para finalizar, antes de afirmar que un sistema está totalmente libre de cambio, también deberemos tener en cuenta el decaimiento radioactivo de los núcleos atómicos, el desgaste mecánico producido por la fricción con otros materiales (por pequeño que sea), aire, agua..., las posibles reacciones químicas debidas al contacto con otros elementos químicos como el oxígeno, o los cambios que produce en el sistema la interacción física con campos electromagnéticos y gravitatorios que impregnan todo el espacio.

En cualquier caso, a pesar de que concediésemos que puede haber regiones en las que no se dé el cambio y las cosas se encuentren en el más absoluto

reposo, no imposibilitaría la identificación del cambio con el tiempo. Como bien afirma Le Poidevin (2003: 15), esto es así porque para poder desarrollar el concepto métrico de tiempo y utilizarlo tal y como lo hacemos, es preciso tomar el cambio en general y no el cambio particular de un único sistema, tal y como propone Aristóteles. Si el universo en general cambia, entonces seguiremos contando con la posibilidad de escoger aquel sistema cambiante que más convenga (que muestre mejor las regularidades en la naturaleza y que facilite nuestras leyes científicas) para usarlo como referencia (reloj) y construir sobre él nuestro sistema de medida del cambio, o lo que es lo mismo, el tiempo. Una vez hecho lo cual, estaremos en condiciones de decir que algo se mueve más rápido, más lento o que está en reposo. Del mismo modo, podremos definir unidades de tiempo y establecer las unidades transcurridas entre un suceso A y otro B de nuestra elección. Como se puede observar, es totalmente factible construir la noción de tiempo de este modo.

Por otro lado, Aristóteles esgrime otro argumento que es compartido por Agustín de Hipona en sus *Confesiones*, en el que se objeta que, dado que el cambio de algunos sistemas es irregular, este no posee un ritmo fijo y por ello no puede ser candidato a ser el tiempo:

Así pues, siendo una cosa el movimiento de un cuerpo y otra aquello con lo que medimos cuánto dura, ¿quién no percibiría cuál de estas cosas es mejor que sea llamada tiempo? Pues si también un cuerpo se mueve irregularmente unas veces y está parado otras veces, no sólo medimos en tiempo su movimiento sino también su reposo, y decimos: «estuvo parado tanto tiempo cuanto se movió» o «estuvo parado el doble o el triple de lo que se movió» o cualquier otra cosa que nuestra medición pueda captar o apreciar, como suele decirse, en más o en menos. Por consiguiente, el tiempo no es el movimiento de los cuerpos (Agustín de Hipona, 2010: 573).

Efectivamente, habitualmente usamos el tiempo para establecer qué ha transcurrido con rapidez, con lentitud, qué es regular y qué no. Por ello, sería lógico considerar que el patrón utilizado fuese uno perfectamente regular.

Esta es una idea que ha perdurado hasta nuestros días, reforzada por Newton en su mecánica y puesta en entredicho en ciertos ámbitos por la aparición de la Teoría de la Relatividad el siglo pasado. Sin embargo, analizada con detenimiento perdería la mayor parte de su fuerza. Decimos que para afirmar que algo se mueve con regularidad o irregularidad lo comparamos con el tiempo, luego el tiempo es la referencia. Sin embargo, debemos dejar de abstraer en qué consiste esta operación y considerar aquello que realmente se realiza en estos casos. En puridad, cuando se hacen estas comparaciones o mediciones, lo que se hace es establecer una comparación con un reloj; esto es, un sistema cambiante escogido convencionalmente a modo de referencia. Como ya se ha explicado tanto en el anterior argumento, como en el subapartado (1.5.1) con mayor profundidad, una vez que se escoge convencionalmente el sistema de referencia que funcionará como reloj, se comienzan a elaborar las unidades de medición temporal; de tal modo que convencionalmente se establece que cuando nuestro sistema de elección haya pasado de un estado x a uno y , se tomará como una unidad de tiempo (digamos que 1 segundo). Por lo tanto, cuando se realizan mediciones temporales, lo que se hace es comparar los cambios que sufre un sistema respecto de una medida determinada por nuestro reloj.

En consecuencia, de algún modo, podríamos decir que el tiempo está estrechamente relacionado con el cambio; incluso podríamos llegar a identificarlos. Esto, sin embargo, no sería adecuado ya que estaríamos dejando fuera del marco una parte importante de la cuestión. Esta parte es, que el cambio por sí mismo no puede constituir el tiempo, para ello es necesario un sujeto agente, o comunidad, que escoja un sistema de referencia como reloj, que elabore un sistema conceptual según el cual se definan las unidades temporales y que finalmente realice la medición. En resumidas cuentas, el tiempo es la medida relacional del cambio, en cuanto que para realizarla usamos sistemas cambiantes. Muy al contrario de lo que se suele afirmar, no contamos el tiempo; más bien, el tiempo es la herramienta métrica que hemos construido física y conceptualmente para poder medir el cambio en nuestro entorno.

Para finalizar con la argumentación, cabría señalar que el proceso que acabo de describir comprende el modo de proceder social y técnico de la medición del cambio¹². Pero, algunos animales, y desde luego los humanos, poseen la capacidad biológica de medir el cambio sin la necesidad de relojes exteriores¹³. Esto es así, gracias a una especie de reloj interno que emitiría impulsos más o menos regulares que nos permite usarlos como patrón de medición. Asimismo, poseemos la habilidad de almacenar en nuestra memoria las experiencias que vivimos, que se almacenaran con la información de duración proporcionada por nuestro reloj interno y que después podremos comparar con la duración de nuevas experiencias (Correa et al., 2006).

Por otro lado, es posible encontrar argumentos más radicales en lo que a la relación cambio-tiempo respecta; como los de Shoemaker (1993), que si bien está dispuesto a aceptar que el cambio implica tiempo, no cree justificada la afirmación contraria, que el tiempo implica cambio. Concretamente, Shoemaker afirma que puede haber tiempo sin cambio y para ello pone el ejemplo de un mundo posible en el que suceden “congelamientos locales”:

Consider, then, the following world. To the best of the knowledge of the inhabitants of this world all of its matter is contained in three relatively small regions, which I shall call A, B, and C. These regions are separated by natural boundaries, but it is possible [...] for much of what occurs in any of the regions to be seen by observers situated in the other regions. Periodically there is observed to occur in this world a phenomenon which I shall call a 'local freeze'. During a local freeze all processes occurring in one of the three regions come to a complete

¹² A partir de ahora, utilizare las nociones “medición del tiempo” y “medición del cambio” como intercambiables a pesar de que por lo argumentado sería más correcto utilizar “medición del cambio”. Sin embargo, debido al fuerte arraigo del primer término, lo seguiré utilizando; pero deberá tenerse en cuenta que siempre hará referencia a la medición del cambio (salvo que el contexto indique lo contrario).

¹³ Hasta cierto punto, como es sabido, en ausencia total de estímulos exteriores (ciclos de día y noche) el reloj interno del ser humano pierde su eficacia y se pierde en buena medida la noción del tiempo. O al menos muchas de sus capacidades.

halt; [...] During a local freeze it is impossible for people from other regions to pass into the region where the freeze exists, but when inhabitants of other regions enter it immediately following the end of a freeze they find that everything is as it would have been if the period of the freeze had not occurred. [...] Those people who were in the region during the freeze will initially be completely unaware that the period of the freeze has elapsed, unless at the beginning of the freeze they happened to be observing one of the other regions. [...] now the following seems possible. We can imagine, first, that the inhabitants of this world discover, by the use of clocks located in unfrozen regions, that local freezes always last the same amount of time--let us suppose that the length of freezes is always exactly one year. We can also imagine that they keep records of local freezes and find that they occur at regular intervals--let us suppose that it is found that in region A local freezes have occurred every third year, that in region B local freezes have occurred every fourth year, and that in region C local freezes have occurred every fifth year. [...] Since these three regions exhaust their universe, to say that there will be simultaneous local freezes in all three regions every sixtieth year is to say that every sixtieth year there will be a *total* freeze lasting one year. [...] If all of this happened, I submit, the inhabitants of this world would have grounds for believing that there are intervals during which no changes occur anywhere (Shoemaker, 1993: 68-70).

Existen varias razones por las que rechazar el argumento. Algunas de ellas son de tipo epistemológico, otras son de tipo físico y otras son de lo que yo considero errores conceptuales.

Comenzaré con la razón de tipo epistemológico. Shoemaker (1993: 71-72) se percata de que se podría objetar que cuando él afirma que el “congelamiento” de las tres regiones se solapa, también se podría argumentar que justo cuando coincidiese el “congelamiento” de las tres regiones en realidad este no ocurriría ya que no existiría la posibilidad de percibir dicho suceso. Sin embargo, Shoemaker considera que esta hipótesis resulta teóricamente más

compleja que la de aceptar que las tres partes de este universo sufren un “congelamiento” simultáneo de un año. Así, a pesar de que la simultaneidad de dichos congelamientos sea inverificable, considera que cuando se está ante dos hipótesis compatibles con los mismos datos de observación, entonces ha de preferirse aquella más simple.

Estoy de acuerdo con la idoneidad del principio de parsimonia. Sin embargo, no lo estoy con que dicha hipótesis sea más simple que su rival, ya que no se debe analizar la hipótesis únicamente en el contexto del caso que se nos presenta, sino que deben considerarse a su vez las implicaciones que una afirmación de ese tipo podría tener. Así, considero que al suponerle independencia al tiempo sobre los cambios de la materia, o incluso sobre la materia misma, parecería que se está presuponiendo u invocando algún tipo de tiempo sustantivo:

Pero si puede haber un flujo del tiempo aun cuando la materia cese de existir, ¿no deberíamos reconocer al tiempo un tipo de ser independiente de la existencia de las otras cosas ordinarias del mundo y de sus cambios ordinarios en el tiempo? (Sklar, 1994: 35).

Y tal y como se ha examinado ampliamente en el apartado (1.2) sobre la disputa entre la concepción relacional y la sustantiva, se ha podido observar que la postura relacional es ontológicamente más simple, por lo que epistemológicamente sería más deseable ya que poseería menos conceptos teóricos con los que comprometerse y hace recaer la función de los mismos en relaciones existentes entre entidades materiales, entendiendo el espacio como las relaciones espaciales entre la materia-energía del universo y el tiempo como el resultado de la abstracción de algo tan real como la medición del cambio. Asimismo, se mostraba cómo la concepción relacional del tiempo abría la posibilidad de una explicación dinámica (más deseable cuando lo que se desea conocer es el cómo ocurren las cosas) de los fenómenos relativistas de la dilatación y contracción temporales. Este argumento, tal y como ya quedó patente anteriormente, no trata de ser demostrativo ya que la inclinación hacia una concepción sustantiva o una relacional en estos

momentos es más una decisión filosófica que científica. Sin embargo, creo que considerar las virtudes de este punto de vista ayudará a inclinar la balanza.

Por otro lado, a pesar de que Shoemaker nos presenta un ejemplo contrafáctico, para que este cumpla su cometido debe haber ciertos mínimos que este debe cumplir, de lo contrario con este método se puede llegar a defender cualquier cosa, incluso la posibilidad de que en algún mundo posible el componente básico de toda la realidad sea el queso. Así pues, trataré de poner en duda la viabilidad del argumento que se presenta debido a ciertas limitaciones físicas que imposibilitan la base de su argumento.

En primer lugar, el argumento está basado en una concepción de la observación según la cual esta no supone interacción con lo observado. Concretamente, se afirma que cuando uno de estos congelamientos ocurre en una de las regiones, los habitantes de las otras dos pueden observar cómo el cambio en dicha zona ha quedado suspendido. No obstante, esta situación es imposible, no se podría dar, ya que la observación siempre es interacción entre sistemas y no hay interacción posible si no hay cambio. Si vamos a observar a simple vista algún objeto, es necesario que la radiación electromagnética en forma de luz visible pueda acceder al objeto en cuestión y luego rebotar en nuestra dirección para que nuestros ojos recojan la información que luego nuestro sistema nervioso central procesará. Sin embargo, ocurre que en un mundo en el que no puede haber ningún cambio, ningún tipo de radiación puede entrar ni salir de la zona, tampoco interactuar con las cosas que hay en el lugar. Del mismo modo, no podría haber interacción gravitatoria, por lo que a efectos prácticos, esta “congelación” más bien parecería una total y completa desaparición de una de las regiones.

En segundo lugar, habría que poner en duda la posibilidad de que toda una región se detuviera o que todo el cambio del universo cesara para “reanudarse transcurrido un año”. Considero que esta suposición viola varios principios fundamentales de la física y es que se presenta un sistema que sin razón aparente cesa por completo de cambiar, para reanudar de nuevo el cambio, de nuevo sin razón aparente. Por lo que sabemos, el principio de inercia establece que todo cuerpo continuará en movimiento a no ser que se ejerza

alguna fuerza sobre él. Ese mismo principio establece que todo sistema que se encuentre en reposo permanecerá en reposo a no ser que alguna fuerza externa actúe sobre él. Pero, tal y como hemos concluido anteriormente, un sistema que no cambia no tiene capacidad de interacción, por lo que no puede afectar ni verse afectado por ningún otro sistema. Consecuentemente, debemos concluir que si realmente una de las regiones del universo dejase de cambiar totalmente, sería imposible hacer que volviese a cambiar, ya que no podríamos interactuar de ningún modo con esta región. La situación empeora aun más si consideramos este universo imaginario en su conjunto. De nuevo, debería darse una causa para el congelamiento del universo entero. No obstante, si todo el universo se encuentra detenido, ¿qué será aquello que reanude el cambio? Recordemos que para ello es necesario otro sistema físico que pueda interactuar con él, pero resulta que este otro sistema no puede existir ya que todo el universo se halla detenido por completo.

El mundo posible que ha dibujado Shoemaker es más bien imposible, un mundo que no respeta las leyes de la inercia, ni la causalidad, ya que las regiones del mismo se detienen y reanudan su devenir sin razón aparente. Debemos tener presente que en la situación descrita absolutamente todo proceso se detiene por un año, por lo que la causalidad que hacía que las cosas fuesen cambiando también se detiene. Únicamente otra causa externa al sistema podría reanudar el cambio, pero resulta que nuestro sistema congelado es toda la realidad, por lo que no existe la posibilidad de una causa externa. Luego, una vez detenido el sistema, permanecería así para toda la eternidad y los habitantes del mismo seguirán sin saber nada acerca de tiempos sin cambios.

El mundo ideado por Shoemaker, tal vez no sea lógicamente imposible, pero implica unas nociones de observación y causalidad tan diferentes al nuestro, que no parece justificado usar un mundo semejante para sacar conclusiones relevantes acerca del mundo actual. Un mundo en el que la interacción se puede dar sin cambio, y prácticamente ninguna ley o principio físico que conocemos se cumple, no parece muy adecuado para realizar comparaciones y sacar conclusiones.

Finalmente, consideremos lo que denomino errores conceptuales. Aceptamos que el año está definido por el ciclo de la órbita terrestre alrededor del sol. A su vez, el día está definido por las horas que tarda la tierra en girar sobre su propio eje. Por otro lado, la hora la definimos como 3600 segundos y, finalmente, un segundo son $9\ 192\ 631\ 770$ periodos de radiación correspondientes a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado del átomo de cesio 133 a nivel de tierra (SI Brochure, 2014). Este es el único modo en el que medimos el tiempo; es más, tomar sistemas de referencia cambiantes como relojes es el único modo posible que poseemos de medirlo, nunca se ha conocido otro modo y probablemente nunca se hará.

He aquí el quid de la cuestión. Shoemaker (1993: 70), afirma que en este supuesto mundo posible, cada sesenta años todas las regiones del universo se congelan durante un año. El problema estriba en que, al sostener que absolutamente todo se ha detenido, todo el sistema conceptual temporal pierde todo sentido. Si el único modo de definir un año es mediante la utilización de sistemas cambiantes (sistema sol-tierra y equivalencias con otros relojes), ¿cómo es posible afirmar que cuando todo se ha detenido ha pasado un año, un millón de años o una milésima de segundo? Si no hay un observador exterior al sistema (suponiendo que pueda interactuar con este en ausencia total de cambio), que en sí mismo podría ser considerado un reloj, no tiene sentido hablar de paso del tiempo de un sistema congelado. Considero que el mejor modo de tratar el concepto de tiempo es de un modo relacional; del mismo modo en el que la teoría de la relatividad nos ha enseñado que el movimiento es relativo, no tiene sentido decir que algo está en reposo o en movimiento sin tener un marco de referencia. Asimismo, deberíamos entender que el tiempo es una herramienta físico conceptual basada en el cambio, para medir el cambio. Por lo tanto, si no hay cambio, no hay nada que podamos medir, ni tan si quiera existe el artefacto físico-conceptual necesario para realizar dicha medición.

Por otro lado, si aplicamos al problema que nos atañe el “principio de identidad de los indiscernibles” de Leibniz, el cual afirma que supuestos dos mundos posibles A y B, idénticos en todas sus propiedades cualitativas y

cuantitativas, en realidad serían el mismo mundo, tal vez podría arrojarse aún más luz sobre la cuestión. Supongamos que existe un universo A en el que no se dan interrupciones de cambio; ahora supongamos que tenemos otro universo idéntico al universo A, solo que este universo B periódica y aleatoriamente sufre congelamientos totales e instantáneos de una duración indeterminada. Consideremos, además, que cada una de las versiones de los universos son la totalidad de la realidad, por lo que no es posible observarlos desde fuera utilizando el recurso del “ojo de dios”; los juicios, medidas y consideraciones deberán ser realizadas desde el interior del propio universo en cuestión. Ahora, estamos en posición de responder a la pregunta: ¿existe alguna diferencia mensurable entre el universo A y el universo B? No nos quedará más remedio que responder negativamente, ya que en ambos universos todo será percibido de la misma manera, seguirá cambiando y no habrá congelamiento alguno.

El tiempo solo tiene sentido si lo comprendemos como relaciones de sistemas cambiantes. Concebir la posibilidad de que el tiempo pueda seguir su curso a pesar de que el cambio se haya detenido en todo el universo es una extravagancia producto de adoptar el punto de vista del “ojo de dios”; situándonos fuera del universo como observadores imparciales, omniscientes e inoocuos (con el poder de percibir sin interactuar). Sin embargo, esta estrategia carece de legitimidad por dos cuestiones principales. En primer lugar, porque cuando se afirma que estos universos agotan la realidad, significa que no puede haber nada fuera de ellos, ni tan si quiera un observador que se halle fuera del espacio y del tiempo y lo vea todo. En segundo lugar, si adoptamos este punto de vista privilegiado, en realidad lo que se está haciendo es introducir un reloj furtivamente (sistema que cambia) junto con el observador. Al fin y al cabo, este observador sin dicho reloj (sea biológico o mental) no tendría la capacidad de juzgar si ha pasado un microsegundo o una eternidad desde que el universo cesó de cambiar. Por lo tanto, debemos considerar esta estrategia doblemente ilegítima.

Así pues, considerando que el tiempo es un concepto métrico relacional que construimos a través de convenciones y sistemas cambiantes más o menos adecuados a nuestros propósitos, coincido con la afirmación de Mach:

Nos encontramos totalmente impedidos de *medir* la variación de las cosas por el tiempo. El tiempo es más bien una abstracción a la cual llegamos por la variación de las cosas, debido a que no está señalada ninguna medida *determinada*, por estar todas las cosas vinculadas entre sí. Llamamos uniforme a un movimiento en el cual a iguales incrementos de camino corresponde iguales incrementos de camino en un movimiento de comparación (la rotación de la tierra). Un movimiento puede ser uniforme respect de otro. La cuestión de que un movimiento sea uniforme *en sí* no tiene *ningún sentido* (Mach, 1912: 189-190).

Si como se ha afirmado, el tiempo es una abstracción del cambio y de su medición, no debería ser difícil aportar una definición de tiempo o de cambio sin caer en circularidad. Pero si no situamos el concepto de tiempo o el de cambio como primitivo y fundamente, esto resulta muy complicado. Más aún, si consideramos que habitualmente uno se entiende a través del otro. Por este motivo, en muchas ocasiones nos conformamos con una definición de tiempo que sabemos circular, como: el tiempo es cambio, pero el cambio se da en el tiempo. Asimismo, se ha afirmado la imposibilidad de definir el tiempo a través del método en el que este es medido, ya que también implicaría una definición circular del mismo:

An operational or scientific definition of time is based on the method by which we measure time. Any such definition is obviously circular. The definition of a clock involves temporal notions, since a clock is defined as a closed material system which will *return* to exactly the same state in which it found itself at some *earlier instant of time*. The *sine qua non* for a temporal measurement is that two different observations *-non-simultaneous* observations-be made of the measuring scale. By

"non-simultaneous" we must mean occurring at different *times*. Therefore our definition is circular (Gale, 1968a: 3).

La cuestión se hace más complicada aún si, tal y como afirma Zinkernagel, no podemos definir lo que es la medida realizada a través de un reloj:

For instance, operationalism—‘time is what a clock measures’—is ruled out as a reductive definition, since one cannot specify what a clock (or a measurement) means without invoking temporal notions. Also it seems difficult to provide a meaning of time via a referential theory of meaning, assuming e.g. that ‘time is (or means) whatever it corresponds to in reality’, since one cannot point to or specify what this referent might be (Zinkernagel, 2008: 239).

Creo que en esta ocasión la analogía con las mediciones espaciales podría ayudar a concebir el problema desde otra perspectiva en la que no acabemos en un callejón sin salida conceptual o en un círculo vicioso. Consideremos qué es una medición espacial. Esta no es otra cosa que una comparación en base al tamaño de un objeto elegido convencionalmente como referencia (regla) y que usamos para crear conceptos métricos espaciales; así, se puede establecer que ese objeto será la referencia para la medida de un metro. Una vez que tenemos el sistema conceptual y unas reglas adecuadas, se puede proceder a medir el tamaño de cuanto objeto queramos; incluso podemos medir cuántas reglas caben entre dos objetos o lugares, lo que llamamos distancia. Evidentemente, según la técnica va avanzando la definición de metro también va cambiando (al igual que la de segundo), hasta llegar a la que poseemos hoy en día, que establece que un metro es la distancia que recorre la luz en el vacío en un intervalo de $1/299\,792\,458$ s (SI Brochure, 2014).

El caso del tiempo es similar. A diferencia de lo que comúnmente se suele pensar, los relojes no miden el tiempo. Lo que estos hacen es medir el cambio de los sistemas, y el aparato conceptual que se ha creado para poder hacerlo es lo que hemos dado en llamar tiempo (a pesar de que generalmente la noción de tiempo sea utilizada para hablar de los cambios y sus mediciones).

Así, cuando una persona enuncia una oración del tipo “el año pasado me compré el ordenador” o “dentro de tres horas me voy” o cualquier otra que se nos pueda ocurrir, no lo hace desde una conexión mística con una entidad a la que llamamos tiempo, sino teniendo como referencia la convención social que corresponda: ya sea el calendario, solar, lunar, un reloj de muñeca o uno nuclear. Siempre que hablamos de tiempo necesitamos realizar mediciones (mejores o peores según la situación), comparando el cambio que sufren los sistemas, nosotros mismos y la realidad a nuestro alrededor, con un sistema que usamos como referencia (el reloj, sea de la naturaleza que sea).

Considero que la circularidad de la definición del tiempo ha de ser replanteada en favor del cambio. Es natural que esto sea así, ya que si realizamos una genealogía del concepto de tiempo, resulta menos complicado apreciar la prioridad del cambio y su cariz fundamental (en nuestra experiencia y como concepto irreductible). No cabe duda de que, como seres sensitivos, tenemos la capacidad de percibir los sistemas de nuestro entorno con los que nos es posible interactuar. Tal y como se ha afirmado previamente, para que la percepción y la interacción entre los diferentes sistemas pueda producirse, deben darse cambios en los propios sistemas. Generalmente, si queremos ver un objeto, este deberá interactuar con la luz visible y esta deberá viajar de la fuente de la luz al objeto y finalmente a nuestros ojos, provocando cambios en nuestra retina e iniciando así una cadena de transformaciones que dará como resultado la percepción visual. Además, podemos percibir el cambio en todas partes a nuestro alrededor; podemos observar la sucesión de días, el crecimiento de los seres vivos, el movimiento de las nubes, la lluvia caer, el agua de los ríos dirigirse al mar... En resumen, tenemos la capacidad de apreciar el cambio, y este es la condición necesaria para toda experiencia.

Por el contrario, no se puede afirmar lo mismo acerca del tiempo. Nadie puede percibir algo que no tiene una realidad material. Por ello, lo que observamos es el cambio, que no es otra cosa que el conjunto de alteraciones que se suceden en los sistemas materiales. El tiempo, sin embargo, es un concepto creado por necesidad. El ser humano, debido a su capacidad

cognitiva y comunicativa tiene la posibilidad de comunicar el estado actual de las cosas, pero también es capaz de recordar otros estados de cosas que causaron el estado actual; asimismo, tiene la capacidad de deducir con los datos de la experiencia y teorías, más o menos sofisticadas, estados de cosas que posiblemente sean causados por la configuración actual de las cosas. Además, dado que para la supervivencia del ser humano resulta fundamental aprender y anticipar posibles sucesos, surge la necesidad de una medida de los cambios que poco a poco será refinada y abstraída de su origen¹⁴.

Es precisamente esta capacidad comunicativa del ser humano la que hace necesaria la formación de un lenguaje que está completamente atravesado por nociones temporales. Como bien sabemos, el principio de no contradicción establece que un objeto x no puede, en un mismo tiempo y relación, poseer y no poseer una propiedad P . Así pues, como las cosas cambian constantemente y dejan de tener ciertas propiedades para adquirir otras diferentes, disminuirlas o exacerbarlas, debemos introducir conceptos temporales en nuestro lenguaje para así evitar caer en contradicción con prácticamente cualquier cosa que digamos. Esta característica de nuestro lenguaje es lo que provoca esta gran dificultad para definir cualquier característica temporal sin hacer referencia a términos temporales.

A pesar de estas dificultades, tal y como afirman tanto Le Poidevin (2003: 19-22) como Zinkernagel (2008: 239-240), aprendemos y usamos adecuadamente los conceptos temporales en sus diferentes contextos, lo cual parecería indicar que sabemos su significado. En lo que a su aprendizaje respecta, este se realiza en un contexto de sistemas cambiantes y de convenciones sociales que nos indican cuáles son las unidades temporales y su significado (así, un segundo será un movimiento de la manecilla de segundos de un reloj). Por ello, una persona que sabe usar adecuadamente el concepto de tiempo sabe

¹⁴ Por supuesto, la organización del tiempo también hace referencia a las necesidades productivas del momento, tal y como se menciona en el apartado 1.1. Las condiciones materiales de cada sociedad no deben ser despreciadas a la hora de analizar el camino que una sociedad ha seguido en la adquisición de cierta concepción temporal.

que afirmar que “son las tres de la tarde en Marte” no tiene sentido, ya que la hora que sea depende de los usos horarios de la zona en la que uno se encuentre, y hasta el momento esa convención está hecha para el ámbito terrestre, pero no para el marciano.

Por otro lado, dada la naturaleza de nuestro lenguaje resulta extremadamente complicado si no imposible, definir el tiempo a través del concepto de cambio o relojes, ya que para ello en algún momento serán necesarios conceptos temporales. Al definir cambio, tal y como se ha realizado en el subapartado 1.5.2 como: “la pérdida o adquisición de nuevas propiedades y relaciones físicas”, observamos que esta definición no posee nociones temporales de un modo explícito, pero sí implícito. Al fin y al cabo, la pérdida de algo implica que *antes* (término temporal) se poseía la propiedad que *ahora* (término temporal) no se tiene. Lo mismo ocurre con el término adquisición, solo que a la inversa; adquirir una propiedad implica que *antes* no se poseía, pero *ahora* sí. Como se ha dicho, esta es una característica de nuestro lenguaje necesaria para no caer en contradicción cuando hablamos de los cambios de las cosas, ya que si no introducimos términos temporales, ya sea en forma de tiempos verbales o con términos del tipo “antes”, “después”, “pasar”, “momento”, “ahora”, “pasado”, “presente”, “futuro”... etc., estaríamos afirmando $xP \wedge x\neg P$, incurriendo así en una clara contradicción, y lo que es peor, sería complicado entenderse de este modo.

Sin embargo, al igual que Meyer, creo que este problema lingüístico es insoslayable. Por ello, habría que tratar de abordar la cuestión desde otro ángulo diferente que nos permita salvar esta dificultad:

The problem is not that we would explain one temporal notion in terms of another. Such conceptual circularity seems unavoidable. Just as one cannot explain modal notions in non-modal terms, it seems futile to hope for an analysis of temporal notions that does not take some other temporal notion as primitive (Meyer, 2013: 16).

Así pues, considero que con la genealogía que se ha presentado, se muestra el proceso de formación de los conceptos métricos temporales; concebidos

como una elaboración convencional por una sociedad determinada a partir de los sistemas cambiantes de su entorno y con el objetivo de controlar los cambios de estos mismos sistemas. Asimismo, se ha visto que los conceptos temporales en ausencia de cambios o relojes se vacían de contenido y pierden todo el sentido que tendrían dentro del contexto adecuado, haciéndose ininteligibles. Finalmente, se ha mostrado que el cambio no es una construcción convencional, sino un hecho de la percepción de la realidad que se presenta ante nosotros con una urgencia innegable; al fin y al cabo, el control y la previsión de los cambios de nuestro entorno son clave en la supervivencia de la especie humana. Por lo que, considero que hay razones suficientes como para poder afirmar que el tiempo es la abstracción del proceso de medida de los cambios. En ese sentido entiendo la siguiente afirmación de Aristóteles:

...distinguimos lo mayor y lo menor por el número, y el movimiento mayor o menor por el tiempo. Luego el tiempo es un número. Pero «número» se puede entender en dos sentidos, ya que llamamos «número» no sólo lo numerado y lo numerable, sino también aquello mediante lo cual numeramos. Pues bien, el tiempo es lo numerado, no aquello mediante lo cual numeramos. Aquello mediante lo cual numeramos es distinto de lo numerado (Aristóteles, 1994: 219b10).

Únicamente añadiría una importante modificación: el tiempo no es lo numerado, sino aquello con lo que numeramos, y el cambio es lo numerado; ya que como he defendido, el tiempo es un sistema de medida creado para poder representarnos los cambios de forma ordenada y proporcional.

SECCIÓN SEGUNDA.

LA ELIMINACIÓN DEL DINAMISMO

...como los ojos del murciélago respecto de la luz del día, así se comporta el entendimiento de nuestra alma respecto de las cosas que, por naturaleza, son las más evidentes de todas.

Aristóteles (*Metafísica*, 993b9-12).

INTRODUCCIÓN

En esta sección voy a presentar en qué consiste la concepción del universo bloque, así como los retos que esta supone para la tesis que he venido defendiendo. Según los defensores de esta teoría, la realidad sería un conjunto de eventos determinados en la que no existe la dinámica tan característica que identificamos y percibimos en todos los aspectos de la naturaleza. En el universo bloque, las cosas no cambian ni se transforman, no generan otras diferentes, simplemente son, la realidad comprende toda la historia de principio a fin. De modo que la afirmación fundamental de esta teoría es que las diferencias ontológicas que encontramos entre pasado, presente y futuro no son tal, sino meras ilusiones provocadas por el modo en el que el ser humano se encuentra imbricado en el mundo. Ya sea porque nuestra manera de percibir el mundo nos engaña o por estar inmersos en el continuo espacio-temporal. Esto sería lo que haría imposible que pudiéramos percatarnos de la determinación de todos los eventos y de la existencia en otras regiones espacio-temporales de todos los sucesos anteriores, simultáneos o posteriores a nuestro marco de referencia (nosotros mismos).

Hay dos modos principales de llegar a la teoría del universo bloque. Por un lado, a través de ciertos argumentos metafísicos que en la historia de la filosofía vienen dándose desde la Grecia Clásica, iniciándose con Parménides de Elea e intensificándose de nuevo el debate en el siglo pasado de la mano de McTaggart. Por otro lado, a partir de una peculiar interpretación realista de la Teoría de la Relatividad, concretamente de la noción de espacio-tiempo y de las representaciones de la historia de los objetos que se realiza en el marco relativista. Cada una de estas vías posee sus propias estrategias y argumentario claramente diferenciados. Por ello, a pesar de que en ocasiones se mezclen¹⁵, en esta sección voy a tratarlas de un modo independiente. Aunque, como veremos, los filósofos de inclinación metafísica respecto de la lógica del

¹⁵ Fundamentalmente, los filósofos que realizan una aproximación netamente metafísica al tema, en ocasiones suelen utilizar como recurso argumentativo la referencia a determinadas interpretaciones de la teoría de la relatividad.

lenguaje natural y los filósofos de la ciencia respecto de la física, del lenguaje y de los términos de la teoría, compartan su actitud realista.

2.1. Crítica del dinamismo (negación del cambio).

En el presente apartado, trataré de mostrar las concepciones sobre el cambio y la noción de tiempo que algunos autores han tenido a lo largo de la historia de la filosofía, así como sus críticas. El objetivo de esta reducidísima revisión histórica (que se limitará a tres autores) es la de mostrar la influencia de sus axiomas y argumentaciones en la historia de la crítica del cambio y del tiempo, que posteriormente realizarán autores modernos e incluso contemporáneos.

Sin embargo, el grueso del apartado tratará sobre la influyente crítica que realizó McTaggart (1908, 1927) sobre el tiempo, en la que acaba concluyendo que el tiempo es irreal. Se mostrará la enorme centralidad que sus argumentos han cobrado en la filosofía del tiempo, sobre todo en el ámbito de la filosofía analítica, desplazando, a mi modo de ver, otros modos de análisis potencialmente más fecundos. Así pues, se criticará la aportación de McTaggart a la discusión, sus supuestos, el método utilizado para ello, los diferentes modelos metafísicos que han sido propuestos a raíz de su crítica y los conceptos utilizados en ella para describir la posible naturaleza del tiempo.

2.1.1. El idealismo y la crítica del cambio.

La primera teoría sistemática sobre la naturaleza que afirmaba que en realidad esta era estática, fue la propuesta por Parménides de Elea (ya mencionado en el subapartado 1.5.3) alrededor del siglo V a.C. Formuló su teoría en forma de poema, del cual únicamente han llegado algunos fragmentos hasta nuestro tiempo. Hasta ese momento, la mayoría de las teorías que se habían ofrecido eran aquellas de los filósofos presocráticos que pretendían dar cuenta de la naturaleza cambiante y su diversidad, estableciendo un principio que fuese el fundamento de toda la realidad. Este principio, a veces concebido como agua, aire, fuego, los cuatro elementos, o los átomos, tendría diferentes configuraciones que explicarían los diferentes estados de la materia. Parménides de Elea, el que fuera fundador de la escuela eleática, propondría que la realidad última era la del Ser, esfera ilimitada, incorruptible, inmutable, eterna y una.

Para llegar a esta conclusión, Parménides, hace gran énfasis en la diferencia entre apariencia y realidad. En la filosofía de Parménides es patente la desconfianza hacia el conocimiento adquirido a través de los sentidos y por ello no los considera como una fuente fiable del mismo, por lo que aquello que es apprehendido a través de los sentidos formaría parte de la apariencia:

(DK 7). Porque nunca jamás se impondrá esto: que las cosas que no son sean. Mas tú ¡aparta tu pensamiento de esta vía de investigación! ¡que la rutina diaria no te fuerce a dirigir por esta vía tu ojo sin mira, tu oído que zumba y tu lengua, sino juzga con el raciocinio esta controvertida refutación expuesta por mí...!

Según Parménides, fiarse de los sentidos es lo que empuja a la gente corriente a una vía errónea del conocimiento que los hace caer en error. Afirma que hay tres vías de conocimiento, sin embargo, solo una de ellas es la que realmente lleva al conocimiento auténtico. Primero, porque una de las vías, la del no-ser es impracticable; segundo, porque la otra vía, la de las apariencias y el cambio, lleva a contradicción, por lo que es falsa. Así pues, únicamente queda la vía del ser:

(DK 6). Esto es lo que hay que decir y pensar: que el ente es, porque puede ser, mientras que “nada” no puede ser. Te mando reflexionar sobre estas cosas. Esta es, efectivamente, la primera vía de investigación que te excluyo. Pero, en segundo lugar, te excluyo de esta otra, la que siguen errantes los mortales totalmente faltos de sabiduría, bicéfalos, ya que el desvalimiento es el que rige en su pecho una mente errabunda: se ven arrastrados sordos y ciegos a la vez, pasmados, gentes sin juicio, que están en la creencia de que ser y no-ser es lo mismo y no lo mismo, y de que de todas las cosas hay un cambio de ida y vuelta.

(DK 8). Ya no nos queda más que un relato posible: el de la vía de que “es”. A lo largo de esta ruta hay numerosísimas señales: que es ingenito e indestructible, entero, unigénere, inmóvil y perfecto. Ni

“fue” jamás ni “será”, puesto que “es” ahora todo junto, uno, continuo (1-6).

Parménides llega a esta conclusión debido a su enfoque idealista, a su tendencia a prestar atención únicamente a los aspectos ideales de la realidad (Ferrater, 2004: 1380). Por ello, para el autor, las sensaciones y la experiencia recabada por los sentidos no tienen validez, ya que muestran un mundo regido por el cambio. El cambio implicaría que algo deje de “ser” y que algo que “no es”, comience a “ser”. Esto implicaría, tal y como se ha visto en el subapartado 1.5.3, que de la nada tendría que surgir el “ser” y esto es algo inconcebible para Parménides:

(DK 8). En efecto, ¿qué origen podrías buscarle? ¿de qué manera y de dónde creció? No del no-ente. No permitiré que digas ni pienses eso, porque “no-es” no es ni decible ni pensable. Y ¿qué necesidad le impelió a brotar tarde o temprano a partir de la nada? Así que necesariamente o es absolutamente o absolutamente no es (7-11).

Asimismo, siguiendo con la misma premisa, deduce que la génesis y la destrucción son imposibles; al fin y al cabo, estas no dejan de ser un tipo de cambio determinado:

(DK 8). Y ¿cómo podría llegar a existir el ente en lo venidero? Y ¿cómo podría haberse originado? Porque si se originó, no es, como tampoco si ha de existir en lo venidero. De este modo el nacer ha quedado extinguido y el perecer resulta inaudito (19-21).

Así pues, partiendo de la dicotomía Ser, No-Ser y haciendo uso del principio de no contradicción (Reale y Antiseri, 2004: 55-60), Parménides afirma que el Ser es necesario, mientras que el No-Ser, entendido como la nada, ni siquiera puede ser pensado. No es posible generar pensamiento o discurso carente de contenido, por ello, todo pensamiento y todo discurso ha de ser acerca del “ser”:

(DK 8). Ahora bien, una misma cosa es el pensar y el pensamiento de que “es”, ya que fuera del ente, en el que está expresado, no hallarás pensamiento. Porque ninguna otra cosa existe ni existirá fuera del ente, puesto que el Destino lo encadenó de manera que permanezca entero e inmóvil. Por lo cual han de ser meros nombres todos cuantos los mortales establecieron convencidos de que eran reales “nacer” y “perecer”, “ser-y-no-ser”, “cambiar de lugar” y “trocar un brillante color” (34-41).

Finalmente, a partir de estos enunciados Parménides concluye que el Ser únicamente puede ser uno (monismo), ya que, de haber varios Seres, estos deberían estar separados por algo que no fuera Ser y que por lo tanto no existiese. Asimismo, se aduce una nueva razón para afirmar que el cambio no es posible. Dado que todo cambio implica variaciones en relación a otras cosas, y como se ha afirmado solo es posible la existencia de un solo Ser, se llega a la conclusión de que no puede haber cambios relativos. Por otro lado, los cambios en el propio Ser no son posibles, ya que esto implicaría que el Ser o alguna de sus partes pasase a No-Ser, lo cual, desde las premisas de Parménides, no es posible. Esto se debe a que cuando una cosa cambia lo hace progresivamente llegando un momento en el que el Ser y el No-Ser deberían coexistir en la misma cosa, lo cual claramente entraría en conflicto con el principio de no contradicción.

Por lo tanto, podemos afirmar que lo que lleva a Parménides a su conclusión de que el mundo sensible no es real es su peculiar racionalismo, el cual hace que únicamente tenga en cuenta para su análisis filosófico las características ideales de las cosas; esto es, únicamente considera las abstracciones o conceptos y sus posibles relaciones lógicas. Del mismo modo, el racionalismo radical que sostiene lo lleva a dejar fuera de la realidad todo aquello que no quepa dentro de su razonamiento. Así, dado que Parménides pone este gran énfasis en la incompatibilidad entre el ser y el no-ser, concluye que todo aquello que cambie ha de ser necesariamente una ilusión de los sentidos, porque la indagación racional, según el autor, nos lleva a la realidad última de

que únicamente existe el ser y este para no ser contradictorio consigo mismo ha de ser inmutable.

Esta concepción de la realidad dejó su impronta en el modo de hacer filosofía de autores posteriores, principalmente por la influencia que Parménides tuvo sobre Platón y por cómo este último influyó sobre pensadores muy lejanos en el tiempo. Sin embargo, Platón introduce novedades en la respuesta al problema del cambio, e intenta una solución de compromiso en la que se reconoce tanto el cambio como la inmutabilidad de la realidad última. Platón, al igual que Parménides, realiza una crítica del conocimiento y afirma que este no puede provenir de la percepción dado que con esta tenemos acceso a un mundo en constante cambio sobre el que no se puede afirmar nada (*Teeteto*, 182c-183b). En este diálogo, Platón establece, lo que a su parecer es, la naturaleza dual del conocimiento. Por un lado, está el conocimiento que se adquiere a través de los sentidos, que es considerado como mera opinión (*doxa*); y por otro, está el conocimiento científico (*episteme*), que es el adquirido a través de la razón. Según Platón, esta última es la auténtica vía hacia la verdad.

Finalmente, falta explicitar el realismo conceptual de la filosofía platónica, la cual resulta novedosa en relación a la parmenídea. La realidad invisible, fundamento de la realidad sensible, no es otra que conceptos abstractos o generalizaciones conceptuales como las ideas de bien, justicia, grandeza, unidad, dualidad, humanidad; pero también, los objetos matemáticos. El conjunto de estas ideas ha sido llamado “mundo de las Ideas”, al cual Platón parece atribuirle cierta realidad, cuanto menos espacial, en algún lugar más allá del cielo (*Fedro*, 247c-d).

La influencia del realismo platónico es de tal magnitud, que puede trazarse a lo largo y ancho de la historia del pensamiento occidental. Prueba de ello son disputas filosóficas como la mantenida en la edad media entre nominalistas y realistas, la del realismo moral que sostiene que los principios morales se descubren y no son producto de una sociedad determinada. Hoy día sigue presente en áreas como la filosofía de las matemáticas, en las que se sigue discutiendo si los objetos matemáticos poseen cierta realidad independiente

de la mente humana¹⁶, o tal y como tendremos ocasión de analizar en el apartado 2.3 del presente texto, este realismo se extiende hoy día a la disputa sobre la interpretación de la naturaleza de las teorías, sus leyes y sus conceptos teóricos.

Como se puede ver, Platón realiza una inversión ontológica y epistemológica al concebir las ideas, no como artefactos conceptuales elaborados por los seres humanos a partir de la naturaleza con el fin de poder hablar y pensar sobre ella, sino como el origen y la razón de la realidad. Esto es, dado que el saber científico versa acerca de la naturaleza general de las cosas, y como para ello se utilizan conceptos abstraídos de la percepción de las cosas mismas, se invierte el hecho de que este conocimiento proviene de la abstracción de las propiedades y regularidades de los sistemas singulares, y se concluye que la auténtica realidad es la de estos conceptos abstractos y generales. Esto explica la fascinación que despertaban las matemáticas en Platón, así como en algunos científicos a lo largo de la historia, llegando a afirmar que la naturaleza habla en lenguaje matemático, que la realidad última es matemática o que la esencia de la naturaleza lo es:

La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto (Galilei, 1623: 63).

Dando un salto a finales del siglo XIX, encontramos a uno de los mayores exponentes del idealismo británico, Francis Herbert Bradley. Si bien a Bradley le separan muchos siglos de Parménides y de Platón, en su crítica del tiempo y del movimiento podemos encontrar características comunes y un estilo

¹⁶ Para ampliar sobre la cuestión del realismo en matemáticas, ver: Leng (2010), Maddy (1990), Ponte (2005).

argumentativo de naturaleza muy similar a la de estos. En este caso, nos encontramos con que la realidad, de un modo similar al de Parménides, es concebida como una unidad inseparable e indivisible. Si bien es cierto que se pueden hacer distinciones, las divisiones de este todo, no son reales, sino apariencias:

For if, seeking for reality, we go to experience, what we certainly do not find is a subject or an object, or indeed any other thing whatever, standing separate and on its own bottom. What we discover rather is a whole in which distinctions can be made, but in which divisions do not exist (Bradley, 1916: 146).

Sin embargo, una característica diferenciadora de la filosofía de Bradley frente a las de Parménides y Platón, es que, este afirma que el conocimiento racional no se identifica con la realidad. Por lo tanto, esta no podrá ser alcanzada por la razón. Esto es así, debido a que todo juicio acerca de un hecho, lo es de un hecho concreto de la realidad. Sin embargo, ocurre que, al hacer referencia a cualquier hecho, utilizamos ideas o conceptos, cuya naturaleza es necesariamente universal. Por esta razón, no es posible referirse a hechos concretos e individuales ya que con los términos que utilizamos únicamente se puede aludir a cuestiones generales (Bradley, 1950a: 49). Por otro lado, Bradley también critica que el método analítico sea adecuado para alcanzar un conocimiento apropiado sobre la realidad. Esto es así, dado que concibe la realidad como un conjunto inanalizable y, por lo tanto, cuanto más concretas sean nuestra indagaciones e investigaciones tanto más se estarán alejando de la verdad. Bradley (1950a) critica la idea de que se pueda analizar una parte de un sistema sin tener en cuenta cómo se ve afectado por el resto de partes. Para Bradley, la verdad es el conjunto y no se puede hablar de ella fuera de este, ya que no se puede decir cómo sería alguna de las partes de un sistema sin el resto:

It is a very common and most ruinous superstition to suppose that analysis is no alteration, and that, whenever we distinguish, we have at once to do with divisible existence. It is an immense assumption to

conclude, when a fact comes to us as a whole, that some parts of it may exist without any sort of regard for the rest (Bradley, 1950a: 95).

Por lo tanto, cabría pensar que un camino adecuado a la realidad podría ser el de la ciencia, dado que su saber es general y pretende llegar a ser universal. Sin embargo, según la concepción de Bradley, la realidad es experiencia y todo aquello que no pueda ser percibido no tiene sentido considerarlo real. Por esta razón, las teorías científicas no serían adecuadas para alcanzar este conocimiento ya que en su construcción se utiliza una gran dosis de abstracción. Esto aleja al juicio de la experiencia inmediata, la cual es el vehículo del conocimiento de la realidad en cuanto que experiencia. Tenemos aquí otra diferencia fundamental con los autores griegos mencionados, y es que para Bradley la experiencia es el único modo a través del cual accedemos a la realidad:

Anything, in no sense felt or perceived, becomes to me quite unmeaning. And as I cannot try to think of it without realizing either that I am not thinking at all, or that I am thinking of it against my will as being experienced, I am driven to the conclusion that for me experience is the same as reality (Bradley, 1916: 145).

De este modo, Bradley llega a la conclusión de que el pensamiento discursivo no puede representar la realidad. Por lo que, a diferencia de Parménides y Platón, pone claros límites al conocimiento racional reconociendo que este no puede alcanzar un saber completo acerca de la realidad:

Unless thought stands for something that falls beyond mere intelligence, if “thinking” is not used with some strange implication that never was part of the meaning of the word, a lingering scruple still forbids us to believe that reality can ever be purely rational. It may come from a failure in my metaphysics, or from a weakness of the flesh which continues to blind me, but the notion that existence could be the same as understanding strikes as cold and ghost-like as the

dreariest materialism. [...] Our principles may be true, but they are not reality (Bradley, 1950b: 590-591).

No obstante, aún hay dos similitudes que Bradley guarda con los autores griegos. La primera, es la de denominar “ilusión” a la conceptualización de la experiencia y a toda concepción analítica de la realidad. Sin embargo, a diferencia de los griegos clásicos, para el autor las ilusiones no son algo falso o totalmente carente de realidad, sino que estas serían aquellas concepciones parciales de lo absoluto:

The parallel series of sense and of thought, phenomena presented by simple observation and reasoning that retraces the chain of presentations, may both be banished to the region of illusions (Bradley, 1950b: 591).

La segunda característica que Bradley comparte con Parménides y Platón, es la del idealismo. Esto es, en su método filosófico, sobre todo se tienen en cuenta las características ideales o formales de las cosas y sus relaciones lógicas. Así, Bradley, para dilucidar qué es o no real, se limita a establecer como criterio epistemológico que lo real sea consistente y no albergue contradicciones en sí mismo:

Ultimate reality is such that it does not contradict itself; here is an absolute criterion. And it is proved absolute by the fact that, either in endeavouring to deny it, or even in attempting to doubt it, we tacitly assume its validity (Bradley, 1916: 136-137).

Reality is known to possess a positive character, but this character is at present determined only as that which excludes contradiction. [...] We may say that everything, which appears, is somehow real in such a way as to be self-consistent. The character of the real is to possess everything phenomenal in a harmonious form (Bradley, 1916: 140).

Este criterio para discernir lo real de lo ilusorio es una versión de la típica teoría idealista de la verdad como coherencia que, en último término, acaba

siendo un análisis lógico de la estructura del lenguaje que usemos para describir y referirnos a las cosas. Y es que, la realidad, lo que nos es dado y podemos percibir, no puede ser descartado por contradictorio. Un fenómeno puede ser difícil de describir o de ser incluido dentro de un sistema explicativo; sin embargo, lo que no tiene sentido es afirmar que algo que percibimos es contradictorio. Puede ser contradictorio con respecto a una teoría o concepción del mundo determinada, o varias, que usamos para explicar los fenómenos, pero negar fenómenos por contradictorios es un camino hacia el conocimiento que parece muy corto. Lo que sean las cosas es totalmente independiente de la lógica de nuestro lenguaje, por ello, considero inadecuado sacar conclusiones acerca de la realidad a través de estos análisis.

Bradley (1916: Cap. IV-V), con esta concepción de la realidad y de su estudio de fondo, también emprende una crítica del tiempo y del cambio que lleva a descartarlos por contradictorios. En primer lugar, Bradley, considera y critica el tiempo considerado bajo forma espacial:

It is usual to consider time under a spatial form. It is taken as a stream, and past and future are regarded as parts of it, which presumably do not co-exist, but are often talked of as if they did (1916: 39).

Bajo esta concepción, el tiempo es una relación entre unidades de tiempo. Si consideramos estas unidades tiempo de un modo matemático, diríamos que son instantes de tiempo puntuales, esto es, sin duración alguna. Sin embargo, como bien apunta el autor, esto conlleva que el tiempo en su conjunto no tiene duración alguna. La suma de un número infinito de unidades de tiempo sin duración es nula, por lo que no tendría sentido hablar de tiempo. Por otro lado, Bradley considera que las unidades tiempo no deben tener duración y que en caso de tenerla dejarían de ser unidades. Por lo que no es posible que el tiempo posea duración sin que las unidades tiempo dejen de ser unidades de tiempo.

Asimismo, se considera que el tiempo es a la vez “antes” y “después” en una unidad; de otro modo, no se podría concebir el tiempo. Sin embargo,

considerando el tiempo como unidad, no se puede predicar de él ambas propiedades por ser incompatibles la una con la otra, por lo que se caería en contradicción; pero si no somos capaces de predicar ese “antes” y “después” del tiempo este quedaría disuelto. Por ello, afirma Bradley, es necesario considerar ese “antes” y “después” como relaciones. En cambio, dado que el autor critica el pensamiento relacional, señalando que si las relaciones no son nada, no tienen capacidad de establecer relaciones, pero que en caso de ser algo, estas a su vez deberían estar relacionadas con sus términos mediante otras relaciones. Esto provocaría que las relaciones sean inútiles o que estas a su vez poseen una serie infinita de relaciones. Por ello, Bradley concluye que:

The conclusion to which I am brought is that a relational way of thought—any one that moves by the machinery of terms and relations must give appearance, and not truth. It is a makeshift, a device, a mere practical compromise, most necessary, but in the end most indefensible (1916: 33).

Evidentemente, partiendo de la crítica del pensamiento relacional, Bradley no puede más que criticar a su vez una concepción de tiempo relacional de “antes” y “después”, ya que como se ha visto previamente, las relaciones terminan no siendo nada o en una regresión al infinito de relaciones. Por ello, Bradley concluye que el tiempo no es sino apariencia, dado que, el tiempo sin duración o sin unidades no puede considerarse tiempo (1916: 40).

En el caso de la crítica del cambio y del movimiento, Bradley parece emplear la estrategia de Parménides de usar el principio de no contradicción. De este modo, Bradley, afirma que tanto el cambio como el tiempo implican afirmar de un mismo objeto propiedades contradictorias (estar en dos lugares al mismo tiempo, o tener y no tener una propiedad) a un mismo tiempo y por ello, son inasumibles:

Motion implies that what is moved is in two places in one time; and this seems not possible. That motion implies two places is obvious; that these places are successive is no less obvious. But, on the other

hand, it is clear that the process must have unity. The thing moved must be one; and, again, the time must be one. If the time were only many times, out of relation, and not parts of a single temporal whole, then no motion would be found. But if the time is one, then, as we have seen, it cannot also be many (1916: 44).

El problema común que encontramos en los tres autores es su idealismo filosófico, que a la hora de analizar la realidad les hace considerar únicamente las relaciones lógicas e ideales de los términos que usamos en el lenguaje. Así, en el caso de la crítica realizada por Parménides y Platón del cambio, observamos que estos dan prioridad epistemológica y metafísica al análisis lógico-lingüístico. Ambos conceptualizan el cambio como un fenómeno en el que en un momento dado P ha de ser una cosa para luego pasar a ser otra, y en un momento determinado dicho cambio debe comenzar a dejar de ser lo que es para convertirse en algo diferente, esto es P y \neg P, generando así una contradicción. Sin embargo, esto se debe al modo de conceptualizar o expresar el cambio lingüísticamente con términos existenciales: “*marte es el planeta rojo*” o “*el libro es de papel*”. Pero podríamos expresar el cambio de un sistema sin usar términos existenciales y usar posesivos sin ningún problema. Así, diríamos que *x* tiene la propiedad P y que el cambio consiste precisamente en dejar de poseer P y pasar a adquirir cualquier otra propiedad F.

Lo mismo ocurre al considerar la crítica del cambio y las relaciones que hace Bradley. Este considera que para que se dé un cambio en un sistema S, este deberá ser permanente. Sin embargo, dicho sistema al sufrir un cambio, ha de dejar de ser aquello que era para convertirse en S'. De este modo, critica la permanencia del sistema que ha cambiado, considerando que es completamente nuevo e independiente del primero. Luego concluye que no se ha dado cambio alguno en S (1916: 46).

La situación es similar con la crítica de los conceptos relacionales que realiza Bradley. Su crítica está basada en que las relaciones para poder relacionar términos, a su vez deben ser algo, ya que de lo contrario serían impotentes.

Pero, en caso de que las relaciones sean algo, debería de haber otra relación que la relacionase con los términos que enlaza. Esta, a su vez, también debería estar relacionada con la primera a través de otras relaciones, cayendo así en una regresión al infinito. No obstante, existen otros modos de concebir las relaciones.

Podemos considerar que existen relaciones que no cumplen lo descrito por Bradley. Es posible comprenderlas como comparaciones entre sistemas físicos respecto de una cualidad de estos que es definida conceptualmente. Así, cuando hablamos de que un objeto es muy grande, estamos haciendo referencia al tamaño de este, el cual, comparado con otros objetos conocidos resulta ser más voluminoso. De este modo, tenemos un concepto que define la cualidad de los sistemas a comparar (en este caso el tamaño o el volumen) y luego tenemos el acto de realizar la comparación, lo cual daría como producto una conclusión relacional determinada, acertada o no. En el caso del tiempo sería igual. Poseemos el concepto de tiempo, definido convencionalmente eligiendo un sistema determinado que servirá como patrón para la definición de las unidades temporales y para la medición del cambio (como ya hemos visto en el apartado 1.5). Así, cuando decimos que algo ha tardado mucho, estamos comparando el tiempo que ha tomado un proceso A en concluir respecto de otros procesos conocidos o expectativas albergadas. Esto es, no deja de ser una comparación.

Con todo esto, no quiero decir que el lenguaje sea irrelevante; muy al contrario, considero que una conceptualización adecuada ayuda a comprender mejor, evitando ambigüedades y conclusiones erróneas. Sin embargo, esto está muy lejos del idealismo practicado por algunos filósofos. Considero que el análisis del lenguaje es estéril a la hora de dilucidar la naturaleza de la realidad, y es que existen muchos modos de conceptualizar las cosas y no resulta posible afirmar con toda seguridad que uno de ellos sea el correcto.

La realidad no depende del lenguaje (ya sea este lógico, matemático o natural) y no se puede negar realidad por motivos lingüísticos a algo tan fundamental en nuestra experiencia como es el cambio. El cambio impregna absolutamente toda nuestra realidad, y sin él, nuestra experiencia del mundo

carecería de sentido. Cuando una teoría tiene problemas en incluir cuestiones tan básicas como estas en su seno, es un indicador inconfundible de que hemos hallado un límite de esta, no un defecto en nuestra percepción de la realidad. Las teorías no se hacen para sustituir a la experiencia, sino para explicarla.

Como veremos de aquí en adelante, en la negación del cambio está muy presente este idealismo filosófico y un realismo radical que pone a las teorías científicas, sin crítica alguna, como la verdad frente a la experiencia.

2.1.2. McTaggart y la crítica del tiempo.

McTaggart es un autor que causó un gran impacto dentro del ámbito de la filosofía del tiempo tras la publicación de su famoso artículo *The Unreality of Time* (1908), en el que criticó la realidad del tiempo, y tras ampliar esta crítica dedicándole todo un capítulo de su libro *The Nature of Existence* (1927). Su crítica, si bien tuvo una acogida muy diversa, no cabe duda de que posee una gran centralidad en el debate acerca del tiempo, sobre todo en el ámbito de la filosofía analítica. Aún hoy el debate sobre si McTaggart estaba o no en lo cierto sigue abierto; asimismo, su análisis y la gran aceptación de los conceptos que usó, han dado origen a una metafísica del tiempo que se discute en los términos establecidos en sus textos.

Por estas razones, desde el punto de vista que se defiende en esta tesis parece ineludible mencionar algunas de las cuestiones que surgen de su crítica, así como del método utilizado, o de los supuestos de los que se parte para argumentar la conclusión a la que se llega. Para ello, será útil tener presentes las características que hemos analizado previamente en Parménides, Platón y Bradley, así como la crítica que se ha hecho de su formalismo como método de análisis filosófico para dilucidar la naturaleza de la realidad y el modo que tienen de criticar el cambio.

McTaggart (1927) comienza su argumentación distinguiendo dos modos en que los eventos pueden ser ordenados en el tiempo. A estos modos los denomina serie A y serie B del tiempo. En primer lugar, tenemos la serie B

del tiempo, que hace referencia a las propiedades relacionales locales que se pueden dar entre eventos: ser “antes de” o “después de”. Tal y como se puede suponer, estas relaciones son transitivas y asimétricas, ya que si un evento *a* es anterior a un evento *b*, que a su vez es anterior a otro evento *c*, entonces *a* también será anterior a *c*. Por otro lado, esta relación es asimétrica ya que no es posible que el evento *c* sea anterior a los eventos *a* o *b*. En segundo lugar, está la denominada serie A del tiempo, la cual vendría a plasmar las posiciones temporales de los eventos. Esto es, si son pasado, presente o futuro. Así, tendríamos que un evento *e* puede poseer cualidades temporales como las de ser *futuro*, *presente*, o *pasado*. A diferencia de las relaciones temporales de la serie temporal B, que son permanentes, las propiedades temporales de la serie A son transitorias. Según McTaggart, si tenemos en la serie B dos eventos *a* y *b*, y el evento *a* es anterior al evento *b*, entonces dicha relación se mantendrá siempre. Por el contrario, las propiedades de la serie A van cambiando, de tal modo que un evento determinado va pasando de ser futuro a ser presente y finalmente a ser pasado.

Por otro lado, McTaggart descarta la posibilidad de que sean los propios eventos los que cambien. Para argumentar esta posición, ofrece el conocido argumento contra el cambio que ya usaron tanto Parménides como Platón, pero sobre todo Bradley, en su crítica del cambio, solo que aquí es usada no para los objetos, sino para los eventos:

Can we say that, in a time which formed a B series but not an A series, the change consisted in the fact that the event ceased to be an event, while another event began to be an event? If this were the case, we should certainly have got a change.

But this is impossible. If N is ever earlier than O and later than M, it will always be, and has always been, earlier than O and later than M, since the relations of earlier and later are permanent. N will thus always be in a B series. And as, by our present hypothesis, a B series by itself constitutes time, N will always have a position in a time-

series, and always has had one. That is, it always has been an event, and always will be one, and cannot begin or cease to be an event.

Or shall we say that one event M merges itself into another event N, while still preserving a certain identity by means of an unchanged element, so that it can be said, not merely that M has ceased and N begun, but that it is M which has become N? Still the same difficulty recurs. M and N may have a common element, but they are not the same event, or there would be no change. If, therefore, M changed into N at a certain moment, then at that moment, M would have ceased to be M, and N would have begun to be N. This involves that, at that moment, M would have ceased to be an event, and N would have begun to be an event (McTaggart, 1927: 12).

Una vez descartada la posibilidad de que sean los propios eventos los que estén sujetos a cambio, ya sea por comenzar o cesar de existir, o bien por cambiar y convertirse en otros eventos diferentes, McTaggart concluye que los eventos únicamente pueden cambiar en lo que a las cualidades temporales de la serie A se refiere. Esto es, el único tipo de cambio posible el de pasar de ser futuro, a ser presente y, finalmente, a ser pasado:

Take any event—the death of Queen Anne, for example— and consider what change can take place in its characteristics. That it is a death, that it is the death of Anne Stuart, that it has such causes, that it has such effects—every characteristic of this sort never changes, "Before the stars saw one another plain" the event in question was a death of an English Queen. At the last moment of time—if time has a last moment—the event in question will still be a death of an English Queen. And in every respect but one it is equally devoid of change. But in one respect it does change. It began by being a future event. It became every moment an event in the nearer future. At last it was present. Then it became past, and will always remain so, though every moment it becomes further and further past (McTaggart, 1908: 460).

Con todo, dadas las características de las series temporales definidas por McTaggart, resulta admisible la afirmación de que la serie B por sí sola no constituye propiamente una serie temporal, ya que si bien es capaz de transmitir eficazmente el orden temporal, así como su asimetría, no es capaz de plasmar el cambio consustancial al tiempo. Y es que como se ha afirmado, las relaciones temporales de tipo B son permanentes, por lo que no están sujetas a cambio. Por este motivo, McTaggart considera que la serie A es más fundamental que la serie B y que es esencial para el tiempo porque en ella sí que se darían cambios genuinos (que los eventos pasen de ser futuros, a presentes y a pasados), y para McTaggart, el cambio es una de las características fundamentales del tiempo.

Sin embargo, McTaggart argumenta que la serie A es inherentemente contradictoria, lo cual le lleva a afirmar que el tiempo es irreal ya que a pesar de que aún quedaría la serie temporal B, tal y como se ha visto, esta por sí misma no puede constituir el tiempo. Para implementar el cambio, necesita inherentemente la serie A. Pero, según McTaggart, las diferentes propiedades A son incompatibles las unas con las otras; una cosa que es futura, no puede ser a la vez presente o pasada. Asimismo, algo que es presente, no puede ser ni futuro ni pasado; y lo mismo ocurre si algo es pasado. No obstante, tal y como afirma McTaggart, cada evento que se halle en el tiempo de la serie A, cae inevitablemente en contradicción por poseer todas las diferentes propiedades de la serie a la vez. Esto es, ser pasado, presente y futuro. Por lo que, según la crítica de McTaggart, se estaría incurriendo en una contradicción, ya que no se puede ser todo ello a la vez:

The characteristics, therefore, are incompatible. But every event has them all. If M is past, it has been present and future. If it is future, it will be present and past. If it is present, it has been future and will be past. Thus all the three incompatible terms are predicable of each event, which is obviously inconsistent with their being incompatible, and inconsistent with their producing change (McTaggart, 1908: 468).

McTaggart, descarta la solución más obvia al problema que plantea, la de contraargumentar que no se puede decir de ningún evento e , que sea al mismo tiempo presente (A), futuro (F) y pasado (P). Más bien, deberíamos decir que el objeto fue futuro en algún momento del pasado, que será pasado en algún momento del futuro y que ahora es presente. Sin embargo, según el autor, este argumento fracasa debido a que los tiempos adicionales que se invocan para explicar la posesión de propiedades de la serie A que tiene e , deben tener a su vez todas las propiedades de la serie temporal. Esto es, Ae ocurre ahora, en el momento presente, Pe ocurrirá en un momento futuro y Fe ocurrió en un momento pasado; es decir: AAe , FPe y PFe . De modo que si seguimos explicando estas otras propiedades terminaríamos en una regresión al infinito añadiendo más tiempos de la serie A, junto con los tiempos verbales que utilizamos al intentar explicar la posesión de las propiedades de la serie temporal. Por ello, McTaggart (1927: 21-22), concluye que nunca se resuelve la contradicción y acabamos en una regresión al infinito creando cada vez más contradicciones.

Así pues, de acuerdo con McTaggart, la suposición de que existe una serie A nos lleva a contradicción, y como no puede haber tiempo sin la serie A y esta es inherentemente contradictoria, concluye que el tiempo en sí, incluyendo la serie A y la B, es irreal:

Nothing is really present, past, or future. Nothing is really earlier or later than anything else or temporally simultaneous with it. Nothing really changes. And nothing is really in time (McTaggart, 1927: 22).

Esta conclusión, no obstante, implica una serie de presupuestos que, cuanto menos, son controvertidos. En primer lugar, tenemos el supuesto de que son los eventos y no los objetos o sistemas los que están sujetos a cambio, así como la concepción de evento que defiende que también es criticable. En segundo lugar, nos encontramos con una metodología filosófica idealista que aleja el foco del análisis de la realidad material y lo centra en el lenguaje.

Es de señalar que en esta crítica del tiempo y del cambio, lo único que está sujeto a cambio sean precisamente los eventos. Asimismo, es asombroso que

el cambio de estos eventos sea tan restringido que únicamente permita que estos pasen de ser futuro, a ser presente y pasado. Sin embargo, si reparamos en la naturaleza de los eventos, esto no resulta tan sorprendente. Tal y como se ha dicho previamente en el subapartado 1.5.2, los eventos son una construcción en ocasiones subjetiva y en otras ocasiones intersubjetiva que obedece a razones pragmáticas. Habíamos definido los eventos como cambios (sucesos), sin embargo, ocurre que resulta extremadamente difícil que lo que sea considerado un suceso o evento esté constituido por un único cambio. Por esta razón, la determinación de que algo sea considerado un evento o no, requiere de un sujeto agente.

Así, siguiendo con el ejemplo de McTaggart, si consideramos el suceso de la muerte de la reina de Inglaterra, fácilmente podremos percatarnos de que dicho evento no es simple y que tal muerte se puede considerar desde distintos puntos de vista. Así, desde el punto de vista social, podríamos considerar como evento el proceso de sucesión institucional que se inicia con la muerte de la reina; por lo que, podríamos afirmar que el evento de la muerte de la reina concluye con el nombramiento de la persona sucesora (como se concederá, este proceso implica una infinidad de acciones y cambios). La muerte también puede ser interpretada desde un punto de vista médico o biológico, por lo que tendríamos que considerarla como un proceso prolongado que lleva a una situación en el que el equilibrio del sistema biológico del que está constituida toda persona se rompe y hace inviable la vida. Podríamos seguir añadiendo diferentes puntos de vista que añadirían una complejidad inmensa al evento indefinidamente.

Con esto, lo que trato de señalar es que los eventos no son elementos de la realidad; sin humanos no existirían eventos, pero los cambios sí. Los eventos son, en último termino, una cierta elaboración mental a partir de una determinada realidad material. Es decir, son elementos conceptuales que nos facilitan hablar de un cambio o conjunto de cambios que desde nuestro punto de vista hemos considerado relevante. Por ello, podemos afirmar, que los eventos son idealizaciones, simplificaciones de situaciones reales muy complejas; simplificadas de tal modo que ponen el foco en el aspecto

relevante para la persona o comunidad de personas que lo consideren. Por este motivo, estoy de acuerdo con McTaggart en que los eventos no pueden estar sujetos a cambio, ya que una vez que hemos establecido qué es lo que va a constituir uno de ellos, ese evento se convierte en una idea, y estas no cambian, ya que las cosas que cambian necesitan un sustrato material o energético.

Resulta más chocante aún la idea que traslada McTaggart acerca de eventos que se desplazan de un futuro lejano hasta llegar al presente e ir alejándose cada vez más en el pasado: “It began by being a future event. It became every moment an event in the nearer future. At last it was present. Then it became past, and will always remain so, though every moment it becomes further and further past” (McTaggart, 1908: 460). Parece evidente que McTaggart otorga a los eventos cierta realidad, no sabría decir si material, pero resulta complicado entenderlo de otro modo. Claramente, se está partiendo de una concepción determinista de la realidad en la que todo evento se encuentra determinado y posee realidad en algún lugar del tiempo. Solo de este modo veo comprensible la afirmación de que un evento pueda pasar de ser futuro, a ser presente y luego pasado. No obstante, si consideramos los eventos tal y como los he defendido, esta afirmación no tiene sentido. Los eventos no pueden cambiar de ser futuro a ser presente; fundamentalmente, porque estos son idealizaciones que realizamos a partir de los cambios o procesos que hemos percibido. Por ello, no tiene sentido hablar de eventos futuros. Las ideas acerca del futuro suelen ser expectativas o predicciones, que nada tienen que ver con los eventos. Si un evento precisa de la percepción de un cambio o un proceso real, no es posible que existan eventos futuros, dado que no es posible percibir el futuro. Por lo tanto, no hay sustento para afirmar la existencia de eventos futuros; no al menos desde la concepción que se está defendiendo.

En cuanto a los eventos que se desplazan al pasado, ocurre lo mismo. Tengamos en cuenta que aquello que está sujeto a cambio es la materia-energía y esta está en continuo cambio, por lo que es toda ella la que cambia constantemente, no se desplaza en el tiempo, porque el tiempo no es un

receptáculo en el que las cosas se puedan desplazar tal y como McTaggart parece entender: “no fact about anything can change, unless it is a fact about its place in the A series” (1927: 15). El desplazamiento en el tiempo es una analogía espacial de la abstracción de la medida del cambio. Esta es producida por los registros causales (recuerdos, fósiles, petróleo, sedimentos, agujeros negros, fondo de radiación de microondas, etc.) que va dejando la evolución del cambio del universo, que abstraemos y consideramos que se encuentran en algún otro “lugar” temporal. De este modo, se dice que hay cierta realidad que viene del futuro y va hacia un pasado cada vez más lejano. Sin embargo, la única realidad a la que podemos dar cierta credibilidad es a la de un universo cambiante que no va, por así decir, haciendo *backups* de anteriores configuraciones, ni va hacia configuraciones a las que debe llegar¹⁷. Por lo tanto, un evento pasado, no es algo que se desplaza hacia el pasado, sino una idea que se posee en la actualidad sobre una configuración determinada del universo. Es irrelevante cuánto tiempo haya pasado (cuánto cambio hayamos medido), los eventos siempre serán ideas presentes sobre cambios recientes o viejos. Pero de ningún modo se puede decir que los eventos se desplazan en el tiempo de un modo semejante al que los objetos físicos se desplazan por el espacio.

Por otro lado, para comprender la crítica de McTaggart debemos tener en cuenta una metodología filosófica que ya hemos visto sucintamente en el anterior subapartado (2.1.1). En ella prima fundamentalmente un análisis idealista, basado principalmente en el análisis de los conceptos y sus relaciones lógicas para luego realizar interpretaciones metafísicas. Así, tenemos la noción de cambio de McTaggart, para quien el único modo de que el cambio sea tal, es que las proposiciones en ciertos momentos sean verdaderas y en otros falsas:

¹⁷ Desarrollaré más esta cuestión en el subapartado 2.1.5. en relación con la existencia, y de aquello que podemos considerar existente.

It follows from what we have said that there can be no change unless some propositions are sometimes true and sometimes false. This is the case of propositions which deal with the place of anything in the A series— “the battle of Waterloo is in the past,” “it is now raining”. But it is not the case with any other propositions (McTaggart, 1927: 15).

Resulta esclarecedor que McTaggart considere que el cambio afecta únicamente al contenido de verdad de las proposiciones; de ahí, que sean los eventos los que cambien su posición en la serie A y no los objetos. Esto significa que, tal y como se ha bosquejado previamente, McTaggart tiene en mente un mundo en el cual los objetos materiales no sufren cambio alguno. Esto seguiría siendo así aun fracasando en su crítica y habiendo demostrado que el tiempo existe. Así, según su entender, las cosas no están sujetas a cambio dado que las proposiciones acerca de los estados de las cosas siempre son verdaderas o falsas y su valor de verdad no se ve modificado:

It is always a quality of that poker that it is one which is hot on that particular Monday. And it is always a quality of that poker that it is one which is not hot at any other time. Both these qualities are true of it at any time— the time when it is hot and the time when it is cold. And therefore it seems to be erroneous to say that there is any change in the poker. The fact that it is hot at one point in a series and cold at other points cannot give change, if neither of these facts change— and neither of them does. Nor does any other fact about the poker change, unless its presentness, pastness, or futurity change (McTaggart, 1927: 15).

Sin embargo, McTaggart está invirtiendo los términos; considera que para que haya cambio, es necesario que el contenido de verdad de las proposiciones en ocasiones sea verdadero y en otras falso. Por ello, tal y como explicita, no es posible que haya cambio en las cosas, dado que, según su teoría, las características que cada objeto posee en cada momento no cambian. Creo que pocas personas pondrían en cuestión que el cambio es una característica

fundamental del universo tal y como lo conocemos, y que los objetos y sistemas están sujetos a cambio. Por lo tanto, si estos cambian, no es porque su contenido de verdad varíe, sino porque sus cualidades y relaciones se ven modificadas. El que McTaggart haga depender la realidad del contenido de verdad de las proposiciones acerca de esta, apunta a una parcialidad característica de los idealistas; concebir que la realidad depende de las ideas y no al revés. La cuestión fundamental que se invierte, es precisamente que el contenido de verdad de las proposiciones acerca de la realidad cambia o permanece igual, porque, la realidad cambia o permanece sin cambios. La realidad no depende de que una proposición sea verdadera o no, sino que las proposiciones son verdaderas o falsas en función de la configuración de la realidad. Asimismo, que el cambio sea algo que se produce en el universo, no es algo que dependa de que el valor de verdad de determinadas proposiciones cambie o no.

El cambio es una de las experiencias más fundamentales que poseemos de la realidad. Concebir que la realidad no cambia porque el contenido de verdad de las proposiciones acerca de la misma no lo hace, es una posición que únicamente se puede sostener conceptualmente o idealmente. Sin embargo, pierde todo sentido en cuanto se realiza la más mínima observación por evidenciarse que cuando se ponen situaciones prácticas este proceder no tiene ningún sentido.

Por otro lado, y a pesar de que esto no sea relevante para el cambio ya que la variación del valor de verdad de las proposiciones no es la causa de la existencia del cambio, resulta controvertida la opinión de que el contenido de verdad de las proposiciones acerca de eventos que no han sucedido y no se sabe si van a suceder o no, posean un contenido de verdad inmutable o atemporal¹⁸. McTaggart afirma, que el hecho de que un atizador esté caliente

¹⁸ Para ver una revisión de la cuestión ver Bourne (2011). Personalmente, me inclino a pensar que las proposiciones acerca de eventos futuros no tienen un valor de verdad determinado, dado que para poder tener cierto valor de verdad, tiene que darse una relación conceptual y otra material. Sin embargo, en los hechos futuros el factor material está ausente, por lo que

en un momento determinado posee un único valor de verdad en todo momento, haya sucedido ese suceso o no. Esta concepción de la verdad es coherente con su teoría de los eventos, los cuales parecen tener localizaciones temporales en un sentido cuasi espacial. Parecería que en el caso de los objetos ocurre lo mismo, si el cambio no existe en estos y si toda proposición pasada, presente o futura posee en todo momento un valor de verdad determinado. Ello indicaría, que todas las configuraciones que ha de tener la materia están repartidas a lo largo de la serie A, donde unas se encontrarían en el espacio del pasado, otras en el espacio presente y finalmente otras en el futuro. Esto es, parecería que estamos hablando del tiempo como si este fuese un recipiente que contiene y ordena todos los eventos como pasados, presentes o futuros.

Sin embargo, esta teoría no parece aportar ventajas explicativas frente a la concepción del cambio que se ha venido defendiendo. Más bien lo contrario, dado que problematiza un fenómeno básico y fundamento de toda nuestra percepción de la realidad, como es el cambio. Además, la concepción del tiempo de McTaggart parece situar las cosas y eventos en un modelo del mismo que podríamos asemejar con el de un contenedor. Pero, tal y como se ha podido ver con anterioridad, este tipo de tiempo sustantivo no tiene soporte observacional y puede ser adecuadamente sustituido por nociones relacionales del tiempo que no ponen en entre dicho el cambio, sino que se fundamentan en él. Asimismo, la teoría que se propone no exige un ente imperceptible como el tiempo sustantivo ni la existencia de eventos y objetos en diferentes espacios temporales.

Considero que la crítica de McTaggart falla en su intento si no se le conceden una gran cantidad de presupuestos y axiomas, como la noción de eventos que defiende, que estos sean los que estén sujetos a cambio y que el único cambio

no es posible que una proposición de esa naturaleza tenga valor de verdad, a no ser que adoptemos el punto de vista del ojo de Dios; recurso que no deja de ser una ficción, dado que dicho punto de vista es imposible salvo para un supuesto dios omnisciente que no voy a dar por sentado.

posible sea el de pasar de ser futuro a presente y finalmente a pasado; así como que el cambio consista precisamente en eso, en adquirir las diferentes propiedades de la serie A. Asunciones todas ellas, que no se comparten en este trabajo y que se han criticado. Finalmente, tampoco comparto esa metodología que sitúa el análisis conceptual e ideal como método adecuado para dilucidar la naturaleza de la realidad. No es suficiente mostrar, tal y como hemos visto que hacen estos autores que hemos analizado, contradicciones en la expresión lingüística para deducir la realidad o irrealidad de ciertos fenómenos. Considero que para esclarecer la naturaleza del mundo es necesario recurrir a la observación y a la experimentación. El análisis conceptual también es útil, pero no tanto para descubrir qué sí y qué no forma parte del mundo, sino para refinar nuestro discurso y tratar de construir teorías lo más consistentes posible.

2.1.3. Defensores de la serie B o tiempo estático.

La crítica del tiempo realizada por McTaggart ha provocado principalmente dos tipos de respuestas diferentes. Por un lado, tendríamos a aquellos filósofos que consideran que el universo es estático y que se corresponde con la serie temporal B (o tiempo *tenseless*) descrita por McTaggart, que se caracteriza por poseer relaciones permanentes de anterioridad, posterioridad y simultaneidad entre todos los eventos de la historia del universo. Por ello, estos no concuerdan con McTaggart en su tesis positiva de que el tiempo presupone la serie temporal A, pero están de acuerdo con la tesis negativa, según la cual dicha serie es intrínsecamente contradictoria. Por otro lado, están los llamados teóricos de la serie A, que son aquellos que defienden que el tiempo es dinámico, en el sentido de que los eventos cambian pasando de ser futuros, a presentes y finalmente a ser pasados. Por lo tanto, estos están de acuerdo con la tesis positiva de McTaggart, pero no aceptan la tesis negativa y defienden que la serie A no es contradictoria.

Entre los defensores de la serie B podríamos situar a Russell (1903, 1915) como su padre entre los filósofos analíticos. Y es que, antes incluso de la publicación del artículo de McTaggart (1908), Russell ya definió el cambio en

unos términos muy similares a los de McTaggart; la diferencia entre ambos estriba en que mientras que para el primero los sujetos de cambio son las cosas, para el segundo lo son los eventos. Sin embargo, en ambos autores, el cambio es una diferencia que se da en el valor de verdad de las proposiciones; por lo tanto, este no se define por la diferencia de las propiedades de los objetos:

Change is the difference, in respect of truth or falsehood, between a proposition concerning an entity and a time T and a proposition concerning the same entity and another time T' , provided that the two propositions differ only by the fact that T occurs in the one where T' occurs in the other (Russell, 1903: 476).

Dada esta concepción del cambio, cabría criticar a Russell lo mismo que a McTaggart, y es que el cambio en las cosas es lo que determina la verdad o la falsedad de las proposiciones; pensar que el cambio de valor de verdad de las proposiciones significa invertir por completo la relevancia y función del lenguaje. Si el lenguaje pretende ser transmisor de una realidad física, el valor de verdad de una proposición cambiará si la realidad física a la que hacer referencia cambia. No cabe duda de que esta teoría es resultado de una concepción de la realidad en clave parmenídea, estática, en la que todos los estados de la realidad física no suceden ni cambian, sino que están dados y ordenados en la dimensión temporal. De hecho, alguno de los defensores de la serie B, se autodefine como parmenídeo. Es el caso de Smart (1980), quien mientras critica la propuesta de un modelo de tiempo en forma de árbol ramificado, afirma: “However it may be the case that a ‘Heraclitean’ will find things quite intelligible which are quite obscure to a ‘Parmenidean’ like me” (Smart, 1980: 7).

Algunos de los mayores exponentes y defensores de esta concepción estática de la realidad son Smart (1949, 1963, 1968), Goodman (1951), Williams (1951, 1966), Quine (1960) o Grünbaum (1963). Cada autor posee rasgos característicos que los diferencia de los demás, sin embargo, se pueden encontrar ciertos postulados y argumentario fundamental que prácticamente

todos los defensores de la serie B (o tiempo *tenseless*) comparten. Estas similitudes, son descritas por el texto canónico de Gale (1968a: 70):

- (1) The A-Series is reducible to the B-Series since A-determinations can be analyzed in terms of B-relations between events;
- (2) Temporal becoming is psychological since A-determinations involve a B-relation to a perceiver;
- (3) The B-Series is objective, all events being equally real; and
- (4) Change is analyzable solely in terms of B-relations between qualitatively different states of a single thing.

El primero de los postulados, afirma que la serie temporal A no es fundamental, sino que puede ser reducida a relaciones temporales de tipo B. Esto es, según argumentan estos autores, expresiones del tipo “x es futuro”, “x es presente” y “x es pasado” parecen formar expresiones que podrían cambiar su valor de verdad (Goodman, 1951). Sin embargo, argumentan, esta es una mera apariencia dado que las proposiciones de este tipo, en realidad, lo que expresan son relaciones entre eventos. Esto es, las determinaciones de tipo A (ser pasado, presente y futuro) son una característica subjetiva que se plasma en expresiones lingüísticas; expresiones que si son adecuadamente interpretadas se reducen a relaciones de tipo B (anterioridad, posterioridad y simultaneidad). De este modo, Russell, por ejemplo, reduce las nociones de pasado, presente y futuro de la siguiente manera:

4. An entity is said to be *now* if it is simultaneous with what is present to me, i. e., with *this*, where “this” is the proper name of an object of sensation of which I am aware.
5. The *present time* may be defined as a class of all entities that are *now* (Russell, 1915: 213).
9. An event is said to be *past* when it is earlier than the whole of the present, and is said to be *future* when it is later than the whole of the present (Russell, 1915: 227).

A su vez, Williams (1966: 296), también ofrece una interpretación del lenguaje dado en forma de determinaciones de la serie A, denominada *token reflexive*. Según esta, los eventos están situados y ordenados espacio-temporalmente, por lo que tienen ciertas relaciones temporales de tipo B entre ellos. Por ello, cuando se enuncia una frase que contiene determinaciones del tipo temporal A, estas deben ser interpretadas como meros deícticos temporales. Estos deícticos temporales, al igual que los espaciales “aquí”, “allí” o “ahí”, no aportan un carácter privilegiado al momento o evento del que se habla, sino que únicamente hacen referencia a la relación que el evento guarda con el momento en el que se ha expresado una proposición. De este modo, una proposición como “el comunismo es cosa del pasado”, debe ser interpretada expresando relaciones temporales de tipo B, “el comunismo es anterior al momento en que se emite o se piensa este enunciado”. Del mismo modo, si afirmamos que “el neoliberalismo es el presente”, deberíamos traducirlo como “el neoliberalismo es simultáneo con este enunciado”. Finalmente, un enunciado como “en el futuro los recursos del planeta se agotarán”, sería interpretado como “el agotamiento de los recursos del planeta es posterior a este enunciado”. Tal y como se puede observar, los deícticos temporales establecen una relación temporal del evento con el sujeto que realiza el enunciado, pero esto no aporta un cariz objetivamente diferenciado al evento del que se esté hablando.

Por otro lado, otro modo habitual de interpretar los enunciados con determinaciones de la serie A, ha sido eliminar estas determinaciones y sustituirlas por fechas. Así, si se enuncia que “hoy es (atemporal) un día soleado”, el enunciado podría ser sustituido por otro en la forma de “el 9 de octubre de 2018 es un día soleado”. Lo mismo ocurriría si dijésemos “ayer no paró de llover”, que podría sustituirse por “el 8 de octubre de 2018 no para (atemporal) de llover”. Finalmente, para enunciados que incluyen determinaciones de tipo A en forma futura como “mañana el tiempo es incierto”, se sustituiría al igual que las otras introduciendo la fecha que corresponde al día siguiente al que se hace el enunciado, “el 10 de octubre de 2018 el tiempo es (atemporal) incierto”. Tal y como se puede observar, es necesario mantener una neutralidad temporal en los verbos que se utilizan en

estas reformulaciones. Cabe mencionar, que según Quine (1960) este uso atemporal de los verbos encaja mejor con el marco espacio-temporal que proporcionan la Teoría de la Relatividad Especial y la geometría de Minkowski. Esta supuesta mejor adecuación del lenguaje de la serie B al lenguaje de la física, también se convierte en una razón de peso para los defensores de esta concepción del tiempo.

Para explicar la razón por la que se usa un lenguaje que concuerda con la serie temporal A en vez de usar directamente un lenguaje propio de la serie B, se afirma que la motivación es meramente pragmática. Más aún teniendo en cuenta que según los defensores del tiempo estático, los enunciados *tensed* (serie A) en realidad expresan relaciones entre eventos, esto es, relaciones de la serie B (*tenseless*), tal y como señala Álvarez (2013: 227). Esto es, dado que es más cómodo, práctico y corto en la mayoría de interacciones del día a día comunicarse con oraciones del tipo “en tiempos pasados la incidencia de la poliomielitis era mucho mayor que ahora y en el futuro dejará de existir”, que recurrir a oraciones *tenseless*, las cuales deberían hacer referencia al momento en el que se habla o a fechas del calendario. De este modo, se argumenta que el uso del lenguaje *tensed* obedece a cuestiones de economía del lenguaje ya que permite una comunicación más rápida y eficiente.

Por otro lado, los defensores de la serie B afirman que esta es objetiva, mientras que la serie A obedece a su carácter antropocéntrico. Si tal y como se ha visto, las determinaciones temporales de tipo A implican una referencia bien al sujeto que está realizando el enunciado de la proposición o bien a la situación de este respecto de la fecha de la realización del enunciado, se concluye que, en ausencia de sujeto, no podría existir la serie A. Sin embargo, las relaciones de orden asimétrico características de la serie B seguirían existiendo y las cosas seguirían manteniendo un orden de anterioridad y posterioridad independientemente de la existencia de seres humanos (Gale, 1968a: 71). Desde esta premisa, es posible aportar una explicación de las determinaciones de la serie A y de cómo surgen:

What qualifies a physical event at a time t as belonging to the present or as now is not some physical attribute of the event or some relation

it sustains to other *purely physical* events; instead what is necessary so to qualify the event is that at the time t at least one human or other *mind-possessing* organism M experiences the event at the time t such that at t , M is *conceptually aware* of experiencing at that time either the event itself or another event simultaneous with it in M 's reference frame (Grünbaum, 1976: 479).

De lo que se ha analizado, se puede desprender la denominada “Tesis Lingüística Fuerte” (TLF). Se ha llegado a la conclusión de que el lenguaje *tensed* es reducible al lenguaje *tenseless*, que, a diferencia del primero, sería objetivo. Es en esta supuesta objetividad donde se vislumbra la TLF. Según lo que han defendido los teóricos de la serie B, existe una y solo una descripción adecuada de la realidad que estaría en relación de correspondencia perfecta con los hechos y cuya estructura sería isomorfa con el hecho al que corresponde (Orilia & Oaklander, 2015). Esta tesis ha sido defendida tanto por los partidarios de la serie A como por los de la serie B (Dyke, 2003). Los defensores de una y otra teoría han sostenido esta misma tesis para mantener que la teoría del tiempo que apoyan es la que se corresponde con la realidad. Los partidarios de la serie A, afirman que las determinaciones propias del lenguaje de esta serie son imprescindibles para describir adecuadamente la realidad y nuestra experiencia, mientras que los defensores de la serie B responden que, dado que el lenguaje de la serie A es traducible a un lenguaje *tenseless* sin pérdida de significado, y por las razones previamente explicadas (objetividad y que un correcto análisis del lenguaje *tensed* muestra que en realidad este no es otra cosa que déicticos temporales que expresan relaciones de anterioridad, posterioridad y simultaneidad) este lenguaje sería el que plasmaría fehacientemente la realidad del mundo.

Sin embargo, en esta tesis hay un presupuesto fundamental sin el cual la TLF es insostenible. Este presupuesto es el de la supuesta traducibilidad del lenguaje *tensed* a un lenguaje *tenseless* sin que se dé pérdida de significado. Se han dado dos tipos de argumentos principales que atacan esta tesis. El primero, esgrimido tanto por Gale (1962: 54), como por Mellor (1981: 76), es que, dado que los enunciados de tipo A dependen del contexto, al igual que

los que contienen términos indexicales, y que los de tipo B por el contrario no, esto haría que no fuera posible una traducción en la que no se diera cierta pérdida de significado. Así, dado que el valor de verdad de los enunciados-A dependen del momento en el que son enunciados, mientras que el valor de verdad de los enunciados-B no, y dado que la relación antes-después no cambia con el tiempo, cabe concluir que dos enunciados de tipo A y B no pueden tener el mismo significado debido a que sus condiciones de verdad son diferentes.

Por otro lado, Gale (1962) argumenta que los enunciados de tipo A y B no pueden ser totalmente equivalentes en todos los niveles lingüísticos, dado que ambos poseen una “fuerza pragmática” que los diferencia claramente y que provoca que cuando se traduce un enunciado de tipo A a uno de tipo B, se dé cierta pérdida de significado en el proceso. Para ilustrar la situación, Gale pone el ejemplo de un militar apostado en una torre de vigilancia, cuya misión consiste en avisar a su batallón cuando el enemigo se encuentre a 100 metros de su posición. Para dar el aviso, el militar puede hacerlo usando un enunciado de tipo A o sus supuestos equivalentes en la versión *tenseless*. De modo que si usa un enunciado-A, llegado el momento diría:

A: El enemigo está ahora a 100 metros.

Pero en caso de que lo haga en modo *tenseless*, tiene dos opciones, usar el modo *token reflexive* o bien la aproximación en la que se usa la fecha:

B₁: “El enemigo está ahora a 100 metros” es (atemporal) simultáneo con la afirmación de este enunciado.

B₂: El 18 de mayo de 2010 a las 7:23 am el enemigo se encuentra a 100 metros.

Tal y como muestra Gale, es evidente la diferencia pragmática entre estos tres enunciados. Mientras que el enunciado A es claro y no puede llevar a confusión, no ocurre lo mismo con los enunciados B₁ y B₂. En el caso de B₁, al comunicarse de este modo deja al oyente sin referencia temporal y este no puede establecer si deben abrir fuego o no, dado que no conocen si el

enunciado “el enemigo está ahora a 100 yardas” que usa como referencia temporal B_1 , es pasado, presente o futuro. En el caso de B_2 , la confusión podría llegar por una falta de sincronización horaria que haga que la comunicación falle en su cometido. Asimismo, desde el ámbito de la filosofía del lenguaje, autores como Castañeda (1967), Perry (1979), o Wettstein (1979), defendieron también la imposibilidad de traducir un lenguaje *tensed* a otro *tenseless* sin que se produzca alguna pérdida de significado en el proceso.

El reconocimiento de la intraducibilidad de los enunciados *tensed* a enunciados *tenseless* provocó el surgimiento de una nueva teoría B. Entre sus teóricos se encuentran Smart (1980), Mellor (1981, 1998), Oaklander (1984, 2004), Le Poidevin (1991), Mozerky (2000, 2001) y Dyke (2002, 2003, 2013), entre otros. Estos nuevos teóricos de la serie B, reconocen que no existe un único modo de describir la realidad del cual se pueda decir que es isomorfo con esta y que se corresponde con ella a la perfección. Así, la TLF queda sin apoyo y dejada de lado¹⁹. Por su lado, los defensores de la serie A han interpretado que la irreductibilidad del lenguaje *tensed* es una prueba de que el tiempo es, en último término, isomorfo a la estructura de la realidad, y dado que existen proposiciones *tensed* que son verdaderas y no reducibles a lenguaje *tenseless*, debería aceptarse la existencia de hechos propios de la serie A (eventos que pasan de ser futuros, a presentes y pasados). Sin embargo, con la intención de contrarrestar el argumento los teóricos de la serie B argumentan que, si bien existen proposiciones típicas de la serie A, estas tienen condiciones de verdad *tenseless*:

... they argued that the fact that time is tenseless provides a good explanation for the truth of true tensed sentences; a better explanation, in fact, than that provided by the existence of a real A-series. What makes a present-tense sentence true is the fact that it is uttered at the same time as the event it is about. What makes a past-

¹⁹ A pesar de que, recientemente, algunos autores (Orilia & Oaklander, 2013) hayan defendido que tal vez sea más coherente seguir adelante con la vieja teoría Serie B manteniendo la TLF.

(future-) tense sentence true is the fact that it is uttered later (earlier) than the event it is about. Thus the truthmakers for these sentences are constituted by the temporal relations in which utterances stand to the events they are about. The B-series network of temporal relations between events is necessary and sufficient to account for the truth of true tensed sentences (Dyke, 2013: 339).

Esto supone, según la teoría que desarrolló Mellor (1981, 1998), que las proposiciones pueden ser consideradas como *types*, poseyendo diferentes valores de verdad según el momento que se tenga en consideración. Sin embargo, las creencias o los enunciados determinados de estas proposiciones, poseídas o realizadas en determinado momento, serían *tokens* de estos *types* (de este modo, una persona determinada sería un *token* del *type* humanidad y el enunciado de una proposición P realizada en diferentes momentos serían *tokens* de P). Las creencias y enunciados como *tokens*, son creencias y proposiciones enunciadas por alguna persona en un momento determinado. De este modo, una proposición *type* tiene diferentes valores de verdad si, y solo si, sus *tokens* tienen diferentes valores de verdad. Sin embargo, cada *token* tiene un valor de verdad definitivo ya que el hecho de que alguien sostenga una creencia o realice un enunciado determinado en un momento t, es un hecho característico de la serie B. Así, un *token* de una proposición P es verdadero, dependiendo de la relación que exista entre lo que se enuncia y el momento en el que se enuncia. Es decir, una creencia como “ahora está lloviendo”, será verdadera únicamente si en el momento del enunciado coincide que está lloviendo, y falsa en todo el resto de momentos. De modo que se puede decir que los enunciados *tensed* tendrían condiciones de verdad propiciadas por hechos *tenseless*, dado que la coincidencia o no, del momento del enunciado con el contenido del mismo, posee una relación del tipo simultaneidad, anterioridad y posterioridad; relaciones temporales, estas, que no están sujetas a cambio. Por lo tanto, con esta teoría obtenemos que las expresiones del tipo A, bien analizadas, no cambiarían su valor de verdad; valor que les viene dado por hechos *tenseless*.

So, the claim that A-sentences change their truth-value over time is wrong. The fact of the matter is that some tensed sentence-types have some true and some false tokens. This gives the impression that the sentence-type itself is a determinate object with a changing truth-value, but sentence-tokens are the proper bearers of truth and falsity, and their truth-values are fixed and unchanging (Dyke, 2002: 147).

No obstante, tal y como se ha afirmado previamente, esta nueva teoría rechaza la TLF, por lo que el argumento que se acaba de presentar no tendría fuerza a la hora de abogar por un modelo temporal u otro. Los autores citados afirman renunciar a los argumentos lingüísticos cuando se trata de optar entre un tipo de ontología u otra. Para realizar esta elección, tal y como reconocen, son necesarios otros tipos de argumentos. Típicamente, entre los argumentos más considerados se suelen encontrar la paradoja de McTaggart, por un lado, y por la vertiente científica, la supuesta incompatibilidad de un mundo dinámico con la Teoría de la Relatividad Especial:

Any inference that can be drawn between the semantic and the ontological theses of the new B-theory goes *from* the ontology *to* the semantics. Independent arguments are needed to establish the ontological theses of the new B-theory. I do not intend to argue for or defend those ontological theses here; suffice it to say that my reasons for endorsing them are influenced by both McTaggart's paradox and the special theory of relativity (Dyke, 2003: 383).

Por el momento dejaremos el argumento sobre la Teoría de la Relatividad, dado que este será analizado más adelante (subapartados 2.2.1 y 2.2.2). Sin embargo, sí que trataremos brevemente la afirmación que suelen realizar los defensores de la serie B, de que la paradoja de McTaggart es una razón que apoya la hipótesis de que la realidad es estática. Ocurre que, tal y como se ha defendido anteriormente (subapartado 2.1.2.), el argumento esgrimido por McTaggart es fundamentalmente lingüístico.

En primer lugar, la paradoja descansa en una concepción del cambio que no podemos aceptar por ser completamente ideal. Según McTaggart, no son las cosas las que cambian, sino los eventos, y el cambio que estos sufren no estriba en sus características internas, sino en el cambio del valor de verdad de las proposiciones que hacen referencia a estos eventos (debido al cambio de su posición temporal) (McTaggart, 1927: 15). Cuando alguien constata una variación, no lo hace observando si el valor de verdad de una proposición determinada ha cambiado o no. Lo que hacemos cuando constatamos los cambios es percibir una diferencia en las relaciones que existen entre los sistemas o en sus propiedades, comparar la situación del sistema que estamos percibiendo con los registros (memoria o cualquier otro soporte) que poseemos de él, y comprobar si las propiedades y relaciones permanecen igual o tienen diferencias. Este proceso queda fuera del análisis del autor dado que únicamente se centra en las características ideales y lingüísticas del problema del cambio, esto es, si el valor de verdad de las proposiciones cambia o no.

En segundo lugar, la propia esencia de la paradoja que presenta McTaggart se mantiene en todo momento en un nivel lingüístico, dado que este en ningún momento hace experimento físico alguno, ni tiene en cuenta los desarrollos de la ciencia de la época, y tampoco está pensando en compatibilidades de alguna realidad medible. Todo esto indica que se limita a considerar, una vez más, las cualidades ideales y formales de determinados discursos temporales. El haber ideado o realizado algún tipo de experimento que pudiera mostrar que, efectivamente, la realidad temporal es contradictoria, hubiera conllevado una revolución en todos los niveles del conocimiento humano. Por el contrario, lo que McTaggart muestra, a lo sumo, es que se da una contradicción en el lenguaje temporal de la serie A. De aceptar sus premisas parecería difícil escapar de esta contradicción, pero seguiríamos sin poseer una base suficientemente sólida para afirmar que el tiempo o la realidad dinámica del mundo es una ilusión.

2.1.4. Detractores, desplazamiento hacia argumentos lingüísticos.

En el otro extremo, se encuentran los defensores de la serie A del tiempo (los eventos pasan de ser futuros, a ser presentes y a ser pasados) o tiempo *tensed*. Estos aceptan la tesis positiva de McTaggart, según la cual la serie A es necesaria para el cambio y, por lo tanto, para que haya tiempo. Sin embargo, no aceptan la tesis negativa, que afirma que esta serie es intrínsecamente contradictoria y que por lo tanto el tiempo ha de ser una ilusión. Entre los defensores de la serie A, podemos encontrar filósofos como: Broad (1927, 1938), Dummett (1960), Gale (1962), Prior (1968), Smith (1993), Tooley (1997), Craig (1996, 2000), Savitt (2001, 2002), Liz y Vázquez (2015), entre otros. Tal y como ocurría con los defensores de la serie B, en este caso, tampoco se puede afirmar que todos ellos defiendan una doctrina uniforme que los identifique unívocamente. Sin embargo, se puede afirmar que la mayoría de ellos comparten las siguientes tesis:

1. La serie B es reducible a la serie A.
2. El paso del tiempo es intrínseco a todos los eventos.
3. Para que haya cambio es necesaria la existencia de la serie A.

Podríamos decir que, según estos autores (por ejemplo, Broad [1938] o Black [1959]), la serie B no posee las características necesarias para ser considerada suficiente como modelo temporal, por no ser capaz de plasmar la dirección temporal adecuadamente. Esto es así debido a que la serie B únicamente podría aportar un cierto orden a los eventos en el sentido de la relación antes-después; sin embargo, esta característica no parecería ser suficiente para plasmar la diferencia fundamental existente entre el espacio y el tiempo. La serie B, tal y como se presenta, no difiere de las relaciones espaciales entre estar a la izquierda/derecha de algo o entre encontrarse entre dos objetos. En este sentido, el espacio es relacional y para situar los objetos a los que se haga referencia es necesario establecer una relación espacial con otros objetos. El caso de la serie B, sería el mismo: para situar un evento en el tiempo, siempre será necesario hacer referencia a otros eventos anteriores, posteriores y simultáneos. Por lo tanto, si tomamos un evento E cualquiera de la serie B y no disponemos de la referencia de otros eventos con los que relacionarlo, nos

encontraríamos con que no podríamos afirmar nada acerca de sus características temporales.

Por ello, Broad (1927: 53-67) afirma que es el paso del tiempo el que hace que este adquiera ese carácter irreversible que lo diferencia fundamentalmente del espacio, haciendo que dichas analogías queden en meros ejemplos heurísticos útiles para ciertos casos, pero que de ningún modo se pueden identificar de un modo unívoco con la realidad. Es decir, a diferencia de los defensores de la serie B, Broad entiende que los eventos no están permanentemente ordenados en la existencia por relaciones de antes y después, sino que, los eventos vienen a la existencia en el presente y pasan a ser pasado. En este proceso, los eventos que son pasado, irían adquiriendo nuevas relaciones con aquellos que vayan surgiendo con posterioridad. Esta característica de paso del tiempo sería lo que le aportaría su característica dirección, a través de la llegada a la existencia y de convertirse en pasado. Según este análisis, esta característica no se puede deducir en la serie B, ya que en ella los eventos están dados todos ellos de una vez y no hay nada en ellos que sufra cambio. Por ello, resulta imposible afirmar que la serie temporal vaya de un evento E_1 , pasando por E_2 y terminando en el evento E_3 ; o por el contrario, el orden del suceso vaya de E_3 a E_1 , pasando por E_2 . Para aportar este orden irreversible característico de nuestra experiencia del tiempo, en la serie B se está dando por supuesto algo que la propia serie B no aporta.

Por otro lado, al igual que los defensores de la serie B afirmaban que las determinaciones de la serie A eran definibles y reducibles a relaciones de la serie B, los defensores de la serie A también han argumentado que las relaciones de la serie B son reducibles a determinaciones de la serie A. Así, Gale (1968: 80), entre otros, afirma que las relaciones de tipo B afirman que “M es (atemporalmente) anterior a N” es igual a decir “cuando M es presente N es futuro y cuando N es presente, M es pasado”. Este carácter reducible del lenguaje *tenseless* implicaría que el lenguaje *tensed* es más fundamental. Una posible consecuencia de ello, sería la imposibilidad de traducir el lenguaje *tensed* a lenguaje *tenseless* sin que se dé cierta pérdida de significado en el proceso. Efectivamente, cuando usamos un lenguaje *tensed*, no solo se está

describiendo el orden de los eventos que se detallan, si no que además, decimos que estos son presentes, futuros o pasados. Esta información adicional es de gran relevancia, sobre todo en contextos de comunicación interpersonal, y es que cuando decimos que algo es “ahora” o “presente”, no es lo mismo que decir que algo es “simultáneo”; lo que se aporta al lenguaje con esa temporalidad, es la afirmación de que se puede percibir e interactuar con el evento del que se habla.

A consecuencia de ello, como se ha visto previamente, la crítica de la reductibilidad del lenguaje *tensed* al lenguaje *tenseless* sin pérdida de significado realizada por Gale (1962), así como las conclusiones a las que llegaron en el ámbito de la filosofía del lenguaje Castañeda (1967), Perry (1979) y Wettstein (1979), mostraron la imposibilidad de la traducción del lenguaje *tensed* al *tenseless* sin que se dieran pérdidas de significado en el proceso. Estos estudios, fomentaron la opinión entre los defensores de la serie A de que efectivamente, esta era un componente fundamental de la realidad (Gale, 1968b: 53-68; Swinburne, 1990: 117).

No obstante, al igual que en el caso de los defensores de la serie B, los defensores de la serie A aceptan el extraño modelo temporal propuesto por McTaggart, según el cual son los eventos los que sufren el cambio pasando de ser futuros a presentes y pasados. Como se ha comentado en la crítica realizada a este argumento, toda esta construcción realizada por McTaggart no deja de ser lingüística, y es que los eventos, tal y como hemos defendido, no forman parte de la realidad sino que son conceptos que elaboramos para aislar las secciones de los cambios o procesos que consideramos relevantes para nuestros propósitos. Asimismo, esta predilección por un análisis lingüístico del fenómeno temporal, evidencia las grandes dificultades que tienen los defensores del tiempo *tensed* (al igual que los defensores de la serie B) a la hora de fundamentar su postura más allá del tipo de argumentos mencionados. Una clara muestra de esta tendencia de justificar las características ontológicas de la realidad a través de análisis lingüísticos, se puede observar en las siguientes afirmaciones realizadas por renombrados defensores del modelo temporal de la serie A. Así, por ejemplo, tenemos a

Smith que en su obra *Language and Time* afirma que, la intraducibilidad del lenguaje *tensed* a uno *tenseless*, supone una evidencia a favor de una teoría *tensed* del tiempo:

The current opinion of proponents of the tenseless theory of time is that the argument that *tensed sentences (or sentence-utterances) are untranslatable by tenseless sentences (or sentence-utterances)* is insufficient to establish the tensed theory of time. Indeed, it is widely believed today that this argument provides no evidence at all for the tensed theory of time. I shall make the case in this chapter that this belief is false. Specifically, I shall contend that an argument for the untranslatability thesis, along with a defense of the logical coherency and scientific viability of the tensed theory of time, provides adequate evidence for the tensed theory (Smith, 1993: 3).

Por su lado, Ludlow considera que los análisis semánticos apuntan unívocamente a que la estructura del lenguaje natural se corresponde con el del modelo temporal de la serie A. Asimismo, también considera que con estos datos es posible dar un salto más allá, de la semántica a la ontología, y deducir las características de la naturaleza del tiempo:

...evidence from language acquisition and from acquired linguistic deficits supports the idea that the structure of our semantical knowledge is consistent only with the A-theory picture. [...] We can gain insight into the metaphysics of time by studying the semantics of natural language, where this constitutes (in part) our knowledge of language-world relations and how we represent that knowledge (Ludlow, 1999: xvi).

Como último ejemplo, Craig, en la descripción de lo que considera que son los fundamentos de la teoría A, afirma que salvo que se demuestre la reducibilidad de las oraciones *tensed* y su carácter superfluo para la actividad humana, la estructura de este tipo de lenguaje deberá ser considerada isomorfa a la naturaleza ontológica del tiempo:

The A-theorist's fundamental argument may be summarized as follows:

9. Tensed sentences ostensibly ascribe ontological tenses.
10. Unless tensed sentences are shown to be reducible without loss of meaning to tenseless sentences or ontological tense is shown to be superfluous to human thought and action, the ostensible ascription of ontological tenses by tensed sentences ought to be accepted as veridical.
11. Tensed sentences have not been shown to be reducible without loss of meaning to tenseless sentences.
12. Ontological tense has not been shown to be superfluous to human thought and action.
13. Therefore, the ostensible ascription of ontological tenses by tensed sentences ought to be accepted as veridical (Craig, 2000: 22).

Bajo todas estas afirmaciones, subyace la misma idea: cierta relación privilegiada de isomorfismo entre el lenguaje y la realidad. Debido a que nuestro lenguaje versa sobre el mundo, se considera que ambos deben coincidir en su estructura, lo cual legitimaría sacar conclusiones ontológicas de argumentos lingüísticos. Sin embargo, tal y como sabemos, un mismo estado de cosas es descriptible satisfactoriamente utilizando diferentes lenguajes, sin que ello influya lo más mínimo en la realidad descrita. Así, por ejemplo, en castellano, los sustantivos, artículos, adjetivos, participios y pronombres, poseen género. Sin embargo, no creo que alguien interpretase que esta adjudicación de género a objetos y elementos lingüísticos asexuados deba interpretarse en clave ontológica; más aún cuando en otras lenguas como el euskera o el inglés (por mencionar dos cercanas) no se da el género gramatical. Esto evidencia una cuestión y es que los lenguajes no son verdaderos o falsos, sino que son útiles o inútiles a la hora de realizar su función. Los lenguajes deben comunicar, transmitir información de unos sujetos a otros, no ser una representación de la realidad; esto es, los lenguajes como sistema, no son isomorfos a la realidad ni a su estructura. De ser esto así, podríamos decir que el inglés es más correcto que el euskera, o que el

chino es el lenguaje más verdadero del mundo. No obstante, sacar conclusiones ontológicas de las características lingüísticas de un lenguaje determinado, parece injustificado:

But of course, by “ordinary language,” the philosophers who discuss tense in language typically mean “ordinary English.” Very rarely, if ever, does a philosopher engaged in this debate use examples taken from a language other than English. Ordinary English is indeed tensed, but as we saw in the first section, some natural languages are tenseless (Burmese, Malay and Chinese, for example). [...] If tense is not a universal feature of natural languages, then the inference from tense in language to tense in reality is severely undermined. It would be rash to draw conclusions about the fundamental nature of reality on the basis of some feature of one’s own language, if that feature is peculiar to one’s own language, or even if it is a feature of many, but not all, languages (Dyke, 2013: 336).

Efectivamente, la afirmación de Dyke parece apuntar en la dirección correcta; que en estos análisis metafísicos del lenguaje, en ocasiones se da una excesiva fijación en el propio lenguaje, y dado que la mayor parte de la literatura acerca del tema se realiza en inglés, se extraen conclusiones parciales que únicamente poseen relación con dicha lengua, o que son del entorno de esta. No obstante, si realizásemos un análisis de la diversidad lingüística existente en los seres humanos, se vería que dada la pluralidad gramatical de estos, no se pueden extraer conclusiones metafísicas de los mismos. A nos ser que se parta de una posición eurocéntrica, según la cual los idiomas europeos sean los correctos y el resto no sean dignos de consideración. Parecería que de un modo inconsciente esta sea la dinámica, dado que, como se ha dicho, la gran mayoría de las publicaciones sobre la cuestión provienen de lenguas de origen europeo (por no decir directamente del ámbito anglosajón), ignorando así la radical diversidad lingüística existente, tal y como parecen mostrar los estudios de Everett (2005) sobre el idioma Pirahã.

No obstante, la imposibilidad de extraer conclusiones ontológicas a través del análisis filosófico del lenguaje, no significa que este análisis no sea útil. Por el contrario, de acuerdo con Prior (1967: 59), la labor de la lógica temporal sería la de proveer de diferentes modelos lógico-temporales que no presupongan un compromiso metafísico, pero que resulten útiles para poder construir lenguajes que no caigan en contradicciones y paradojas temporales debido a su estructura gramatical. Precisamente, según Prior, una de las fuentes de confusión en la filosofía del tiempo es la que se puede dar debido a que ciertas expresiones parecen tener cierta forma gramatical, pero tras ser minuciosamente analizadas, aparecen ejerciendo funciones diferentes:

I would want to maintain that most of the present group of problems about time and change, though not quite all of them, arise from the fact that many expressions which look like nouns, i.e. names of objects, are not really nouns at all but concealed verbs, and many expressions which look like verbs are not really verbs but concealed conjunctions and adverbs (Prior, 1968: 6).

Finalmente, considero que la tesis que he venido defendiendo no es enmarcable dentro de esta discusión, ya que los eventos que he defendido como elementos convencionales y la concepción de los mismos que propone McTaggart me parecen irreconciliables, dado que en su marco estos son entendidos como entidades objetivas sujetas a cambio. Del mismo modo, y como una clara consecuencia de lo anterior, tampoco comparto la noción de cambio que defienden tanto McTaggart, como algunos partidarios de la serie B o de la serie A. Esto se debe a que entienden el cambio como un fenómeno que sucede a los eventos, sufriendo estos el cambio de ser futuros, a ser presentes y finalmente a ser pasados. Por el contrario, yo he defendido que el cambio es algo que sucede en los sistemas energético-materiales; esto es, un cambio en la distribución de materia-energía, una transformación de la misma o sucesos que necesariamente implican cambios energéticos y los considero como algo fundamental. Y, en último lugar, tampoco parece fructífero el método del análisis lingüístico a la hora de extraer conclusiones ontológicas;

método que deriva del trasfondo idealista que McTaggart imprimió a la discusión, tal y como se ha podido observar.

2.1.5. Universo Bloque, Bloque Creciente y Presentismo: La relevancia de la noción de existencia.

La disputa entre los defensores de la serie temporal A y de la serie B, tras su paso por la etapa lingüística, pasó a otra en la que estamos inmersos en la actualidad. Esta “nueva” rama de la controversia tiene su motivo en la ontología que se puede deducir de cada uno de los modelos que se derivan o se pueden derivar de las series temporales A y B, y en la discusión de cuál de las ontologías propuestas sería la que se corresponde con el mundo en el que vivimos. Podemos situar en dos grupos claramente diferenciados los modelos ontológicos propuestos: por un lado, están los modelos dinámicos de la realidad, herederos de la serie A; y por otro, los modelos estáticos²⁰, derivados de las implicaciones de la defensa de la serie B. Entre los modelos dinámicos se encuentran el presentismo y el bloque creciente o posibilismo, mientras que en los modelos estáticos se encuentra la teoría del universo bloque o eternalismo (figura 2.1).

²⁰ También podríamos considerar modelos híbridos como la teoría del *moving spotlight* presentada originalmente por Broad (1927) y sostenida recientemente por Sullivan (2012), Deasy (2015) y Ross (2015). Esta teoría mezclaría la noción estática de la realidad, en cuanto afirma que esta no cambia; las cosas no sufrirían variaciones, pero incluye la noción de un presente que sí es dinámico. Broad describe la teoría del siguiente modo: “We are naturally tempted to regard the history of the world as existing eternally in a certain order of events. Along this, and in a fixed direction, we imagine the characteristic of presentness as moving, somewhat like the spot of light from a policeman’s bull’s-eye traversing the fronts of the houses in a street. What is illuminated is the present, what has been illuminated is the past, and what has not yet been illuminated is the future” (Broad, 1927: 59). Sin embargo, este modelo no va a ser considerado aquí, ya que no aporta nada fundamentalmente diferente al eternalismo y por compartir sus mismos problemas.

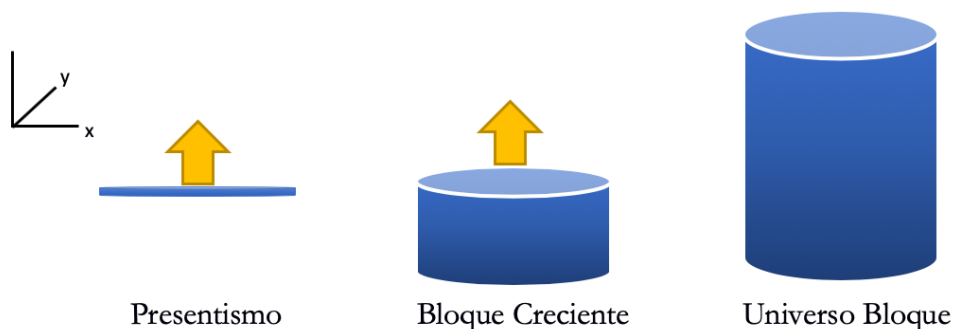


Figura 2.1: Aquí se pueden ver representados en tres dimensiones (dos espaciales y una temporal) los tres modelos temporales. 1) El presentismo, restringe la existencia únicamente al momento presente, que va cambiando contantemente. 2) En el caso del bloque creciente, a medida que el presente avanza va creando existencia, por lo que las cosas existentes van aumentando con el tiempo. 3) En el universo bloque, no se diferencia entre pasado, presente ni futuro. La existencia es algo que no se gana ni se pierde; esto es, lo que comúnmente denominamos pasado, presente y futuro tiene el mismo nivel de existencia.

Esta última teoría es la consecuencia directa de las afirmaciones que realizan los defensores de la serie B. Si el tiempo no es otra cosa que un conjunto de relaciones temporales como las de “anterioridad”, “posterioridad” y “simultaneidad”, similares a las relaciones espaciales “delante”, “detrás”, “aquí” o “allí”, dependerían del momento en el que nos situemos dado que estas relaciones son relativas. De este modo, no hay nada de especial en el pasado, presente o futuro, por lo que estas nociones no serían más que la expresión de un punto de vista temporal determinado. En esta concepción, la realidad debe comprenderse como un todo (bloque) en el que el tiempo no sería más que un ingrediente interno de dicha realidad, pero no algo que sirva para describir el conjunto. Así, los términos como dinámico o estático, desde este punto de vista, estarían reservados para los juicios que se realicen desde dentro del sistema; pero no se puede juzgar la totalidad del sistema en estos términos, ya que no existe un parámetro temporal externo que permita hacer dicho juicio. Así pues, según los defensores de esta teoría, si pretendemos una visión completa de la realidad debemos entenderla como el conjunto de todas las cosas y eventos. En este conjunto, todos los eventos y cosas contenidas poseen el mismo grado de existencia:

The statement that a sea fight not present in time nevertheless exists is no more contradictory than that one not present in space nevertheless exists. If it seems so, this is only because there happens to be a temporal reference (tense) built into our verbs rather than a spatial reference (as in some languages) or than no locative reference (as in canonical symbolic transcriptions into logic) (Williams, 1966: 292).

Supongamos, que nuestro universo haya nacido con el *Big Bang* y que terminará frío y disperso en un estado de equilibrio termodinámico. Según el universo bloque, tanto el inicio del universo como su final, son tan existentes como cualquiera de sus estados intermedios. La percepción de que ciertos eventos son futuros, otros son presentes y otros forman parte del pasado, no es más que una característica de nuestra percepción como seres que tienen un punto de vista determinado en el tiempo. La realidad, por otro lado, es eterna e inmutable. Esta caracterización no pretende ser representativa de todos los defensores de esta concepción, ya que muy posiblemente algunos podrían discrepar de alguna de las afirmaciones que se realizan. Sin embargo, considero que esta definición plasma de un modo general la teoría del universo bloque, parece algo básico y en la línea de lo defendido por autores como Quine (1960), Lewis (1986), Price (1996), Mellor (1998) o Sider (2001), entre otros.

En el extremo opuesto del espectro, entre los partidarios de la serie A y, por lo tanto, defensores de una concepción dinámica del tiempo, está el presentismo. El rasgo característico de este modelo temporal es su compromiso ontológico, ya que según esta concepción, objetos y eventos pasados y futuros carecen de existencia. La existencia es una característica únicamente atribuible a las cosas y eventos del presente.

Una vez más, nos encontramos que hay muchas versiones del presentismo, hecho que obedece a los intentos que realizan sus defensores por dar con una teoría que sea capaz de superar las dificultades que se le van encontrando. Sin embargo, la mayoría de los presentistas estarían más o menos de acuerdo con

la definición que se ha dado. Entre los defensores de esta concepción podemos encontrar a Prior (1968), Smith (1993), Bigelow (1996), Merricks (1999), Markosian (2004), Bourne (2006), Zimmerman (2008), Tallant (2014).

El modelo del bloque creciente es un híbrido entre el universo bloque y el presentismo que originalmente fue ideado por Broad (1927). En esta teoría se combina la noción de un presente dinámico y objetivo, con la consideración de que el pasado posee existencia y el futuro, por el contrario, no:

It will be observed that such a theory as this accepts the reality of the present and the past, but holds that the future is simply nothing at all. Nothing has happened to the present by becoming past except that fresh slices of existence have been added to the total history of the world. The past is thus as real as the present. On the other hand, the essence of a present event is, not that it precedes future events, but that there is quite literally *nothing* to which it has the relation of precedence. The sum total of existence is always increasing, and it is this which gives the time-series a sense as well as an order. A moment t is later than a moment t' if the sum total of existence at t includes the sum total of existence at t' together with something more (Broad, 1927: 66-67).

Una vez más, esta sería una versión más o menos básica de lo que es hoy día la teoría del bloque creciente. Al igual que ocurre con los otros dos modelos, este ha ido sufriendo cambios a lo largo del tiempo y cada autor ha ido introduciendo variaciones para así poder hacer frente a las críticas que le han ido arrojando los defensores de las teorías rivales. No obstante, considero que los defensores de esta teoría como Broad (1927), Adams (1986), Tooley (1997) o Forrest (2004), suscribirían la modesta descripción que he realizado del modelo temporal, aunque añadiendo matices y precisiones características del punto de vista filosófico que defienden cada uno de ellos.

Se observa una diferencia fundamental entre el eternalismo y las teorías dinámicas del tiempo. Podríamos afirmar que en ambos modelos temporales se reconoce que en relación a sí mismos todos los eventos son presentes; sin

embargo, tal y como ya se ha afirmado, para los defensores del eternalismo esta es una característica relativa y subjetiva. Para los defensores de la serie A, por el contrario, el que un evento sea presente o no es una cuestión absoluta y objetiva, por lo que hay una diferencia clara; en esta concepción hay cierto momento que es objetivamente presente, momento que va cambiando a cada instante.

También se aprecia que las diferencias entre las tres teorías están en lo que cada una de ellas afirma que existe y cuándo existe. Cada defensor posee su argumentario para justificar uno u otro modelo temporal. Así, los defensores del universo bloque, suelen argumentar que con su modelo se evita el tradicional problema del cambio aducido por Parménides, dado que, en este modelo, las cosas siempre poseen existencia, por lo que se evita el problema consistente en que algo al cambiar es P y $\neg P$ al mismo tiempo. Asimismo, se suele alegar una mejor adecuación con la teoría de la relatividad por dos cuestiones: 1) por una determinada interpretación de la noción de espacio-tiempo como la implicación de una realidad tetradimensional en la que el tiempo es espacializado, lo cual coincide con el propio modelo del universo bloque, ya que ambos comprenden la historia completa del universo y sus sistemas (Williams [1951], Smart [1963, 1968]) por la crítica a la simultaneidad que se hace desde la teoría de la relatividad especial, lo cual, se interpreta como una imposibilidad de que exista un presente objetivo para todo marco de referencia. Por lo tanto, algunos autores han concluido que, si no cabe esa noción de presente absoluto, entonces aquello que sea presente, pasado o futuro, no será más que una mera cuestión de perspectiva (Putnam, 1967).

En el lado opuesto, los presentistas suelen considerar que su concepción de la realidad es la adecuada y necesaria para dar cuenta de la percepción cotidiana que poseemos del tiempo. Dado que percibimos constantes cambios y que nuestras acciones tienen consecuencias, consideran que la realidad ha de ser dinámica y el presente ha de estar en constante cambio. Asimismo, podemos recordar el pasado y existen infinitud de huellas del mismo en el presente, pero no lo podemos percibir, modificar, ni interactuar con él. Algo similar ocurre con el futuro, que no lo percibimos, aunque en ocasiones lo podemos

predecir, pero a diferencia del pasado, se considera que es indefinido y que desde el presente se determina cómo será. Pero casi más relevante que esto, es que, según los defensores del presentismo, el presente tiene un carácter especial y diferenciado del pasado y del futuro:

Given that we do know we are present, and that it is absurd to doubt it, any adequate theory of time must find a way to guarantee such knowledge (Bourne, 2006: 22)

El modo que tiene el presentismo de justificar filosóficamente la intuición de que vivimos en el presente es la de negar la existencia de todo aquello que no lo sea, dado que si todo momento tiene existencia, ya sea pasado, futuro o presente, no tendríamos base alguna para decir que el momento que experimentamos sea diferente a los demás; si aceptamos que todos los momentos tienen existencia, significa que todas las cosas y seres vivos que en ellos había/hay/habrá, también la tienen. Ello parecería obligarnos a aceptar que lo mismo que el presente no es nada especial, solo un momento más, y que, si nos situásemos en otro momento cualquiera, este sería exactamente igual y los seres inteligentes que en él hubiera también serían conscientes de ese momento que considerarían presente.

Por otro lado, los defensores del bloque creciente también tratan de conservar el carácter dinámico de la realidad, así como la asimetría temporal que experimentamos. Para ello, entienden el presente como el borde de la existencia, el último elemento que ha sido añadido a la realidad. Sin embargo, para evitar algunos problemas que sufre el presentismo, los defensores del bloque creciente si bien no reconocen la existencia del futuro, sí que se la otorgan al pasado. De este modo, consiguen evitar el llamado “problema de las relaciones”, según el cual para que dos sistemas estén relacionados ambos han de ser existentes. Sin embargo, si la realidad es una sucesión de presentes, entendiendo la sucesión como una relación, tenemos como resultado que están relacionados entre sí, lo cual no es posible ya que solo uno de ellos tiene existencia (Oaklander, 2004: 118). Por la misma razón, se le ha criticado al presentismo la imposibilidad de establecer relaciones entre sujetos que no han

coexistido; así, relaciones como las de familiares que no han sido contemporáneos resultan problemáticas para el presentismo, no así para el bloque creciente (posibilismo). Del mismo modo, encontramos las dificultades que se le atribuyen al presentismo para dar valor de verdad a proposiciones acerca del pasado y del futuro; ya que, si entendemos que lo que hace a una proposición verdadera o falsa es su relación con el referente del que trata, en el presentismo, las proposiciones que no versan sobre el presente no pueden tener un valor de verdad porque el referente no existe (Zimmerman, 2011: 173-176). No obstante, en el bloque creciente, sí se puede dar valor de verdad a las proposiciones acerca del pasado.

Sin embargo, el posibilismo también posee sus propios problemas. Esto se debe a que según esta teoría la diferencia entre el pasado y el presente estriba únicamente en su posición, es decir, el presente sería la última parte de la realidad que ha cobrado existencia. Supongamos que la realidad está compuesta por finísimas láminas temporales; en esta concepción del tiempo, las diferentes láminas se van acumulando formando el pasado, mientras que el presente comprende únicamente la última lámina que aparece en la realidad. Tal y como señalan Braddon-Mitchell (2004) y Merricks (2006), este hecho supone una dificultad importante. Debemos tener en cuenta que en este modelo temporal se trata de compatibilizar la existencia de un pasado real y existente con la noción de presente objetivo. Pero, a diferencia de los defensores del universo bloque que manejan una noción de presente déctica, donde presente o ahora es todo aquel momento que coincide con la expresión o el pensamiento de esa creencia, el posibilista defiende un presente absoluto y objetivo. Por ello, si afirma que no hay mayor diferencia entre el pasado y el presente, este no puede afirmar qué momento es el momento presente.

Se puede observar fácilmente que hay dos nociones de presente en juego, el objetivo y el subjetivo. Así, dado que según el bloque creciente el pasado es tan real como el presente, podríamos argumentar que las personas que tomaron el Palacio de Invierno de Petrogrado el 26 de octubre de 1917, piensan que ese momento es presente. No obstante, hoy, desde un esquema

posibilista, deberíamos decir que tal creencia es falsa. Pero, ¿cómo sabemos qué momento es el presente? Ocurre que dado que hay infinidad de láminas temporales pasadas y únicamente una presente, sea cual sea el momento en el que se piense que se está en el presente, lo más probable es que nos encontremos en un error y ese momento no sea el presente objetivo, sino el pasado. Por lo tanto, según esta crítica, no podríamos saber en ningún momento si realmente estamos en el presente o, por el contrario, este se encuentra ya en otro lugar. De este modo, el modelo del bloque creciente pierde aquello que pretende salvar, esa intuición de que la realidad es dinámica y que experimentamos el presente, que es la fuente de dicho dinamismo; cosa que no se puede garantizar si no se introducen más diferencias entre el pasado y el presente.

Esto es precisamente lo que trata de hacer Forrest (2004), para evitar este problema ofrece una solución según la cual se establece otra diferencia entre el pasado y el presente. Según afirma, el presente es el momento en el que las cosas suceden, no obstante, en el pasado no sucedería nada, este sería un conjunto en el que las cosas poseen estados pero no actividad. Para apoyar esta idea, Forrest (2004: 359) se basa en la asimetría causal. Así, según afirma, cuando x es causa de y , entonces y es posterior a x . Cuando el proceso x termina, entonces comienza y , pero no en el mismo momento, sino después. Por lo que cuando comienza y , x ya ha dejado de tener actividad. La relación, entre pasado y presente, según este esquema, se daría del mismo modo inconexo.

Esta noción de cadena causal parece ser problemática, o al menos, incompatible con la concepción de cambio y procesos continuos que se han venido defendiendo en este trabajo. Forrest, trata de separar la causa del efecto para así poder establecer la asimetría que defiende entre pasado y presente; no obstante, esta separación parece un tanto artificial y *ad hoc*. Como he defendido, creo más adecuado considerar el cambio como un proceso continuo, en el que no hay transiciones claras que permitan decidir exactamente que un evento ha terminado y otro ha comenzado. Esta continuidad de los cambios y procesos implica una cierta indeterminación que

se suele salvar de un modo convencional, según la conveniencia de cada caso particular. Por otro lado, es muy simplista suponer que siempre existe una separación temporal entre causa y efecto, ya que en ocasiones son coexistentes. Este es el caso de la transmisión de energía o de calor: si tenemos dos objetos A y B, donde A irradia calor y B lo absorbe, claramente tenemos un sistema en el que el objeto B es calentado por el objeto A. Por lo tanto, podemos afirmar que causa y efecto coexisten.

Además, Hatewood (2005) argumenta en esta misma línea que esta desconexión causal que permite a Forrest afirmar que en el pasado no suceden cosas, sino que únicamente figuran allí, hace que algunos de los problemas que el bloque creciente pretendía solucionar vuelvan a surgir. Debido a que en el pasado ya no se puede hablar de sucesos, ya que estos solo ocurren en el presente, toda proposición acerca del mismo que implique una acción presentará problemas a la hora de establecer su valor de verdad.

Por otro lado, autores como Dorato (1995, 2006), Savitt (2006), Lombard (1999), Meyer (2005) o Callender (2012, 2000), han cuestionado la relevancia de la disputa entre las diferentes teorías temporales, afirmando que, realizando un análisis adecuado de ambas teorías, concretamente de la confusión que pueda haber con los verbos “ser” y “existir”, sus incompatibilidades se diluyen en gran medida.

Según Savitt (2006), el problema fundamental de esta disputa es que no se posee una definición clara del rango del cuantificador de existencia en ambas teorías; el eternalismo o concepción del universo bloque utiliza el cuantificador de existencia sin restricción, mientras que el presentismo limita su rango únicamente al momento presente. Sin embargo, la definición de “existencia” no se puede realizar si no se tiene una definición completa del concepto, para lo cual no solo es necesario conocer aquellas cosas que *de facto* existen, sino que sería necesario especificar una clase de contraste en la que estén incluidas algunas cosas o eventos que no poseen existencia. Según Savitt (2006, 118), con la especificación de esta clase de contraste sería posible deshacer el desencuentro entre eternalistas y presentistas respecto a qué existe y qué no. De este modo, se podrían diferenciar dos tipos de existencia: una

según la cual la ciudad de Nueva York existe (*tensed*), mientras que Gengis Kan no, porque este último existió pero no en la actualidad; y otra, según la cual Gengis Kan existe (*detensed*²¹) o es real, en contraposición a Satán, figura mitológica de cultura judeo-cristiana que nunca ha existido ni existirá en el mundo. Así, Savitt considera que toda proposición sobre la existencia de algún evento o entidad, deviene trivialmente verdadera o trivialmente falsa.

No obstante, tal y como señalan Wüthrich (2012) y Dorato (2006), la elaboración de dicha clase de contraste es más compleja de lo que a priori pudiera parecer. Ocurre, que tanto presentistas como eternalistas difieren en lo que consideran que existe físicamente, por lo que difícilmente se podría elaborar una lista coherente de lo que existe y lo que no.

Callender (2012), va más allá en su análisis de la naturaleza de la disputa, y considera que esta fijación por la existencia es un síntoma persistente de la época en la que la filosofía del tiempo estaba dominada por una aproximación lingüística a los problemas. Por ello, considera que al igual que las disputas sobre el tiempo *tensed* o *tenseless* no trajeron avances a la hora de aclarar la naturaleza del tiempo, por su carácter lingüístico, el debate sobre la existencia tampoco lo hará. Con la intención de curar la obsesión por la existencia, propone una “terapia” con tres pasos. Se trata de responder negativamente a tres preguntas que plantea:

(Step 1) Are the three models of time metaphysically distinct?

(Step 2) Are the three models of time observationally distinct?

(Step 3) Are the three models of time explanatorily distinct?

(Callender, 2012: 74).

Según Callender, la cuestión fundamental a la que deberían responder, o más bien, ayudar a comprender, los modelos temporales propuestos, es la de las características que se suelen adscribir al tiempo. Estas son el presente y el motivo por el que actuamos como si todos compartiésemos un ahora global,

²¹ Ya sea, fue o será.

la flecha del tiempo y el flujo temporal, que normalmente se asocian con el cambio o la actualización constante del presente.

En primer lugar, Callender afirma que podría haber una equivalencia metafísica entre el presentismo y el eternalismo. Esta estaría motivada por la propia definición estándar de presentismo, que dice:

1. Solo hay eventos presentes.

Sin embargo, el problema con esta definición de la existencia según el presentismo estándar, es que existen dos modos de interpretar esta afirmación:

1.1. En el presente solo hay eventos presentes.

Afirmación que es trivialmente verdadera y que incluso los eternalistas la suscribirían. Por otro lado, tendríamos la segunda interpretación, *simpliciter*, según la cual:

1.2. Hay, hubo o habrá únicamente momentos presentes.

Esta afirmación es obviamente falsa, ya que hay muchas cosas pasadas que no son presentes. Por lo tanto, si se entiende el presentismo como en la definición de existencia 1.1, no habría debate ya que los eternalistas podrían asumir la afirmación y se podría decir que ambas teorías son metafísicamente equivalentes. Si se opta por la opción 1.2, habría una diferencia con el eternalismo, pero causaría que el presentismo fuera una teoría obviamente falsa y por lo tanto, inútil. Por ello, Callender (2012: 81) considera que es muy posible que exista una equivalencia metafísica entre ambas teorías.

En lo que a la equivalencia empírica se refiere, Callender (2012) afirma que esta puede parecer algo obvio, dado que los tres modelos temporales son modelos metafísicos, por lo que no deberían tener consecuencias empíricas. A pesar de ello, trata de argumentar en contra de aquellos que afirman que tanto el posibilismo o modelo del bloque creciente, como el presentismo, son los modelos temporales que mejor representan la experiencia del tiempo. Para argumentar su postura, Callender sigue a Williams (1951) y Price (1996).

Williams (1951) esgrime la llamada “objeción epistémica”, según la cual, debido a la naturaleza de la formulación de las leyes de la física, estas son invariantes a la reversión temporal, por lo que no existe fundamento epistémico para afirmar que la experiencia de una persona sería diferente en un universo cuyo tiempo se ha revertido, de la de otra persona cuyo universo discurre en la dirección que llamamos futuro. Price (1996: 14-15), por su parte, realiza un análisis similar, solo que en el escenario del universo bloque. Este, afirma que tras la crítica de la simultaneidad realizada por Einstein, ya no es posible sostener la objetividad del presente, y por ello sostiene que es una cuestión de perspectiva, al igual que lo es el aquí; el presente no tendría pues una naturaleza privilegiada frente al pasado y al futuro. Para explicar la percepción del flujo del tiempo responde del siguiente modo:

After all, how would things seem if it time didn't flow? If we suppose for the moment that there is an objective flow of time, we seem to be able to imagine a world which would be just like ours, except that it would be a four-dimensional block universe rather than a three-dimensional dynamic one. It is easy to see how to map events-at-times in the dynamic universe onto events-at-temporal-locations in the block universe. Among other things, our individual mental states get mapped over, moment by moment. But then surely our copies in the block universe would have the same experiences that we do—in which case they are not distinctive of a dynamic universe after all. Things would seem this way, even if we ourselves were elements of a block universe (Price, 1996: 14-15).

Callender comparte el argumento de Price, afirmando que con la única base de la experiencia no es posible aseverar en qué tipo de mundo se vive. Sin embargo, amplía aún más el argumento y lo aplica a los tres modelos temporales:

My contention is that for distinct pairs of languages that differ only in what exists when (i.e., presentist, possibilist, eternalist), there is a one-

to-one map between the sentences of the one language and the other language that preserves the empirical (Callender, 2012: 82).

Segun Callender, no habría diferencias suficientemente relevantes en la realidad descrita por los modelos como para justificar experiencias de la realidad diferentes en cada uno de ellos. Esto es así, porque los modelos se diferenciarían entre ellos en la existencia o no de ciertos eventos, pero no de la naturaleza de los mismos. Callender considera que la existencia por sí sola no aporta nada al contenido de la experiencia; el que consideremos ciertos eventos como existentes y otros no, no contribuye a la hora de explicar la irreversibilidad temporal, como sí parece mostrarlo la diferente actitud que tienen respecto de eventos existentes o inexistentes presentistas y posibilistas. Así, por ejemplo, Zimmerman (2008: 214) y Craig (2000: 157), ambos presentistas, afirman que la razón por la que no nos preocupamos por los males pasados, es porque estos han dejado de existir. Sin embargo, esto contrasta con la actitud que tienen hacia el pasado los posibilistas, a los que tampoco les preocupa, a pesar de que consideran que posee la propiedad de la existencia. Dado que estos modelos temporales no tienen la capacidad de aportar una respuesta explicativa al fenómeno temporal, Callender concluye que necesariamente los tres modelos se deben considerar epistemológicamente equivalentes.

Concuerdo con Callender en que el debate está excesivamente centrado en la existencia y que de ese modo resulta complicado avanzar, sobre todo, si tenemos en cuenta la fuerte influencia que tiene el lenguaje sobre estos temas. No obstante, junto con Wüthrich (2012), considero un error tomar la existencia como una cuestión baladí, sobre todo, si el tipo de existencia a la que nos referimos es la física. Creo acertado no considerarla como una propiedad de los objetos, y que como afirman Hume (1739: 124) o Kant (1787: 503), hablar sobre la existencia de los objetos no aporta nada a la discusión, dado que la existencia, por sí misma, no añade nada al objeto. No obstante, sí creo que debemos considerar que deberían observarse diferencias cuando se afirma que algún objeto existe o no físicamente, ya que en último

término se supone que cuando hablamos de la existencia física de algún objeto estamos queriendo aseverar algo acerca del mundo.

Por lo tanto, una de las tareas a realizar es la de clarificar el concepto de existencia física, de tal manera, que esté claro a qué nos referimos cuando hablamos sobre la existencia de este o aquel sistema. Es de remarcar que, por lo general, en la discusión no se realiza distinción entre existencia y realidad, como se puede apreciar en los siguientes pasajes de dos importantes defensores del modelo del eternalismo y del presentismo:

There is first the ontological status of the past and future. According to eternalism, past and future objects and times are just as real as currently existing ones. Just as distant places are no less real for being spatially distant, distant times are no less real for being temporally distant; the ontological significance of distance is thus a respect in which time is spacelike. Reality consists of a four-dimensional spatiotemporal manifold of events and objects—the so-called ‘block universe’. In the block universe, dinosaurs, computers, and future human outposts on Mars are all equally real (Sider, 2001: 11).

[However, presentism] holds that what exists in the maximal or perfect degree of existence is only what is present. It is degreed since it holds that the past and future are not wholly unreal, but are real to some less than maximal degree. When I remember and expect things, I am not remembering and expecting nothing at all. The past and future exist to some degree, but to a lesser degree than the present (Smith, 2002: 121-122).

Dado que el propósito que persigo no es el de aumentar la precisión terminológica en la discusión, tampoco voy a tratar de definir ambos conceptos, existencia y realidad, de un modo exhaustivo y diferenciado. Por el contrario, voy a continuar con la tradición humeana y kantiana, según la cual, tal y como ya se ha dicho, la existencia no aportaría nada al objeto ya que cualquier sistema físico, para ser tal, ha de ser existente. Por lo tanto, voy a

considerar que la existencia física y el ser un sistema físico, no son cosas diferentes, por lo que podemos identificarlas entre sí. De este modo, cualquier cosa que posea existencia física, será un sistema físico y cualquier sistema físico poseerá necesariamente existencia física. Por consiguiente, si damos una definición de sistema físico, aquellos componentes que lo hacen caracterizable como tal también serán las características que nos sirvan para afirmar si algo existe físicamente o no.

Por lo tanto, defino la existencia física como:

- Todo aquel sistema que interactúa con otros sistemas o, en caso de encontrarse totalmente aislado, sea capaz de interactuar.

Según esta definición, todo aquello que no sea capaz de interacción, no puede ser considerado como existente, al menos en sentido físico. Así, si nos preguntamos por la existencia de Don Quijote de la Mancha, resulta que el sujeto no entra dentro de la definición de existencia física que hemos dado, por lo que deberá ser catalogado de otro modo; lo mismo ocurre con los números, formas geométricas puras, ideas, etc. Tal vez, podamos hablar de existencia conceptual o abstracta (Kripke, 2013; van Inwagen, 2003), donde podría entrar todo aquello que pertenece al mundo mental del ser humano u otros seres pensantes, y que, sin ellos, perdería su existencia. No obstante, este otro tipo de existencia, no debería confundirse de ninguna manera con la existencia física; son dos modos de existencia que no tienen nada que ver el uno con el otro más allá de que ambos conceptos poseen el mismo término en su nombre (existencia).

Se podrá notar, que en la definición no se hace referencia al espacio, ni al tiempo. Esto obedece a la naturaleza relacional de ambos que he venido defendiendo. El espacio es creado por los propios sistemas físicos y el tiempo es la medición del cambio, por lo que no se pueden utilizar para definir aquello que los produce (sistemas físicos cambiantes). Concretamente, en el caso del tiempo, ya no es posible hablar de instantes, dado que estos no son algo objetivo o que pertenezca a la realidad, sino un instrumento conceptual utilizado por el ser humano para medir y poder hablar del cambio (los

diversos estados en los que se ha observado a los diferentes sistemas), así como para poder realizar predicciones o retrodicciones definidas según un sistema de medida consensuado. Por lo tanto, no hay instantes, únicamente sistemas físicos que están en constante cambio, interaccionando entre sí.

Con esta definición de existencia en la mano, podríamos tomar en consideración si aquellas cosas que ocurrieron en el pasado poseen existencia física o no. Como es evidente, aquello que llamamos pasado no interacciona, ni puede hacerlo con los sistemas físicos actuales, por lo que debemos considerar que el pasado no posee existencia física. Ocurre, que los sistemas del pasado no pueden interactuar con los actuales porque los primeros han dado origen a los segundos; su energía y la materia de la que estaban compuestos es la que compone todo el sistema físico presente; salvo que pretendamos negar la ley de la conservación de la energía. Esto es, no debemos mantener la imagen de que el pasado es algo que queda en algún lugar del espacio-tiempo, como si fuese algo diferente a lo que vemos en el presente. Por el contrario, debemos ver el pasado como los diferentes estados evolutivos por los que, continuamente y sin cesar, va pasando el conjunto de los sistemas físicos que llamamos universo. En el pasado no queda nada, toda la energía y materia se encuentra en el presente y esta será lo que configurará un futuro posible (que, evidentemente, cuando tal cosa ocurra será el presente). En el pasado no puede haber objetos, porque la materia de la que estaban formados se encuentra aquí configurando los sistemas actuales; los dinosaurios no se quedaron en el pasado, podemos encontrar sus huesos fosilizados en muchos lugares; asimismo, la acumulación de las conchas de los seres vivos marinos es lo que ha formado la mayoría de la roca caliza existente; la materia de la que se constituye todo es constantemente transformada y reciclada, ya sea por procesos físicos naturales o por acción de los seres vivos. Resulta difícil entender en qué sentido puede tener existencia física el pasado, si aquello que lo constituía es lo mismo que constituye el mundo hoy día y lo mismo que lo constituirá dentro de un millón de años.

No obstante, los defensores del universo bloque y del bloque creciente podrían cuestionar que, si el pasado no posee existencia, entonces ¿qué lo

diferenciaría de la ficción? ¿cuál es la diferencia, si es que la hay, entre Thomas Sankara, expresidente de Burkina Faso, y Black Panther? Desde luego, en términos de existencia no podemos establecer la diferencia entre ambos, al menos en términos de existencia física, dado que no se puede decir que estos tengan capacidad de interactuar con los sistemas en la actualidad. Pero esto no quiere decir que no haya diferencia alguna entre ellos. Mientras que Sankara sí fue un sujeto físico que interactuó y por esta razón, estas interacciones pueden ser trazadas causalmente en el mundo actual, Black Panther nunca ha poseído existencia física y no ha interactuado ni puede interactuar con el mundo físico, por lo que no ha dejado trazas causales. Por este motivo, existe una diferencia fundamental entre ambos sujetos. Creo importante remarcar, que esta diferencia no estriba en el conocimiento que poseemos de los sucesos del pasado, sino del reconocimiento de que todo objeto o suceso pasado ha dejado una huella causal, por pequeña que esta sea, y que es irrelevante que seamos capaces de conocerla o no; la ignorancia de la influencia causal de un sistema no puede eliminar su influencia.

Se podría objetar que los personajes imaginarios como Black Panther o Don Quijote, sí que influyen e interactúan con la realidad a través de las personas, modificando su idiosincrasia, haciéndolas reflexionar, haciéndoles cambiar su conducta o simplemente haciéndoles pasar un buen o mal rato. Pero, si se les aplica el mismo análisis a estas entidades ficticias que a los eventos pasados, defendido por autores como Oaklander (2004: 118) y Sider (2001: 25-26), según el cual si los eventos pasados no poseen existencia, entonces resulta imposible explicar las relaciones que el pasado o el futuro puedan tener sobre el presente; esta influencia de entidades ficticias sin existencia también carecería de explicación. Asimismo, hechos conocidos como los traumas psicológicos (estados presentes que solemos explicar causalmente a través de la influencia que ejercen eventos pasados) parecerían perder fundamento, o el efecto que ciertos eventos futuros puedan tener sobre nuestra vida: como el

estrés que puede provocar en un estudiante el examen que tendrá en un futuro cercano y para el que no se siente adecuadamente preparado²².

No obstante, como señala Dorato (1995: 40), en caso de necesitar la existencia del pasado para justificar los efectos y las relaciones que este posee con el presente, no es necesario postular su existencia. En el caso del trauma que pueda sufrir una persona, este no se explica por la existencia de un pasado determinado, sino por un estado mental en el que el sujeto se encuentra, por los recuerdos traumáticos que han quedado grabados en el cerebro y tal vez por las alteraciones neuronales que este proceso pueda llevar a cabo (sin esto, sería complicado hablar de trauma). De un modo similar, en el caso del estudiante angustiado por el examen que tendrá que realizar, no está viéndose afectado por un evento futuro, sino por la expectativa que él se ha creado y por el miedo que alberga al suspenso. Un claro contraejemplo de que el futuro afecta al estudiante, es que, pongamos que el examen es dentro de 7 días, por lo que el estudiante estará sufriendo por ello hasta el día del examen. Sin embargo, justamente ese día cae tal nevada que las clases y los exámenes se cancelan hasta nuevo aviso. Por lo tanto, el evento por el que el estudiante sufría, ni tan siquiera llega a realizarse; no obstante, su angustia y sufrimiento son muy reales ya que son creadas por él mismo, por sus miedos y expectativas.

Algo muy similar se puede decir de los personajes de ficción. Estos no afectan a las personas, no más de lo que pueda afectar el contenido de un discurso político o un chiste. Estos entes ficticios son una creación conceptual y como tal, transportan un mensaje, un contenido, siendo este el que puede acabar afectando de algún modo a aquellas personas que tienen noticia del mismo. Es esta transmisión de datos, conceptos, ideas, experiencias, valores etc., lo que a nivel psicológico y conductual puede llevar

²² Este tipo de causalidad inversa es defendida por Dummett (Dummett and Flew, 1954) y Faye (1989), este último al menos como posibilidad lógica. Para una discusión sobre la causalidad inversa ver Horwich (1992: Cap. 6).

a algún cambio en los receptores de dichos mensajes, no los personajes de ficción.

Así pues, relacionando la existencia física con la capacidad de interacción de los sistemas, parece posible tener un criterio con el que distinguir entre lo que existe físicamente y lo que no; sin perder por el camino la diferencia entre el pasado, y los entes abstractos y de ficción. Este criterio también nos permite ahorrarnos la necesidad de postular la realidad de sistemas cuya existencia, desde un punto de vista físico, resulta un tanto confusa (sistemas o eventos pasados, futuros o entes de ficción) por no llegar realmente a comprender cuál es el significado de existencia; es decir, si se trata de algo con lo que podemos interactuar, algo de lo que podemos enunciar proposiciones con un valor de verdad determinado, o eventos, sistemas o cosas que sirven para dar un cierto valor de verdad a las proposiciones. Como se puede ver, en este último caso, el concepto de existencia tiene un marcado carácter lógico-lingüístico, mientras que la definición que he intentado aportar es eminentemente física.

2.1.6. El problema de los *truthmakers*.

La cuestión de los *truthmakers* es un argumento que habitualmente esgrimen tanto los defensores del modelo del universo bloque, o eternalistas, como los del bloque creciente, o posibilistas, en contra del presentismo. Según este argumento, si solo existen las cosas presentes, entonces las afirmaciones sobre el pasado y el futuro no tendrían valor de verdad. Esto tiene su origen en la creencia de que toda verdad ha de estar fundamentada en la realidad, en estados de cosas o hechos según la terminología utilizada por la escuela referencialista del lenguaje de Russell (1919) o el primer Wittgenstein (1961). Así, un *truthmaker* es aquello en virtud de lo cual se puede decir que tal o cual cosa es verdadera (y cuya ausencia significaría la falsedad).

No obstante, tal y como apunta Sider (2001: 36), muchos también creyeron necesaria la existencia de *truthmakers* para enunciados existenciales negativos como “no hay rey de Francia”; esto supone un problema, ya que el enunciado

expresa una ausencia y para ella no se puede encontrar “algo” que la haga verdadera. Para evitar estas situaciones, Bigelow (1988, 1996) y Lewis (1992) afirman que la verdad depende de las cosas que existen, el modo en el que lo hacen y las relaciones que establecen entre sí, de modo que cuando hay un existencial negativo como “no hay rey de Francia”, debe interpretarse que con él en realidad se está expresando otra cosa y en otro contexto. Por otro lado, el enunciado existencial negativo, propiamente, expresa poco sobre el estado de cosas del mundo y por ello no es posible hallar el *truthmaker* que hace verdadero el enunciado:

The special case of a negative existential is the exception that proves the rule. Exactly because there are no things of the appropriate sort, very little is true about them. The whole truth about arctic penguins is: there aren't any. Whereas the whole truth about antarctic penguins would fill many a book. Indeed, a subject matter can be empty. That's one way for it to be – just one way. But a subject matter can be non-empty in ever so many different ways (Lewis, 1992: 218).

Situarse en esta concepción de la verdad y su dependencia respecto de la existencia conlleva ciertas consecuencias para los enunciados acerca del pasado y del futuro. Según Keller (2010: 260-263), el problema radica en la dificultad de justificar el valor de verdad de las proposiciones acerca de eventos u objetos pasados y futuros, teniendo en cuenta que según el presentismo estos no poseen existencia. Keller presenta su argumento a partir de estas tres afirmaciones:

1. El valor de verdad de las proposiciones depende de lo que existe.
2. Existen proposiciones verdaderas acerca del pasado y del futuro.
3. Solo las cosas presentes existen.

Realmente, parece que los defensores del presentismo tienen un claro problema a la hora de explicar cómo se puede hablar de la verdad de los enunciados sobre el pasado o el futuro, si se defiende que estos no existen. Parece claro que si aceptamos las afirmaciones 1, 2 y 3 parece que el presentista se queda sin fundamento para aquellas oraciones que versen sobre

el pasado o el futuro. No así, el eternalista, que niega la afirmación 3 y afirma que todos los eventos poseen existencia (ya sean pasados, presentes o futuros), solo que están localizados en diferentes regiones espaciotemporales, lo cual les garantiza los *truthmaker* para cualquier enunciado temporal (Miller, 2013: 354).

Por lo tanto, el presentista parecería tener problemas a la hora de fundamentar la verdad de sus enunciados temporales, ya que sería complicado basarlos en las cosas existentes en el presente. De hecho, se podría afirmar que no hay nada en el presente que nos permita deducir la posibilidad de un único pasado, y que puede ser que algunos eventos ocurridos no hayan dejado una huella perceptible en el presente que nos permita fundamentar su verdad. Así, sería complejo afirmar que en el presente existe algo que nos permita asegurar que una determinada persona hace 40 años se calzó primero el zapato izquierdo, en vez del derecho.

Desde el presentismo se han intentado varios modelos de la teoría para solventar el problema de la fundamentación de la verdad. Bigelow (1996) y Chisholm (1990), tratan de exponer una variante de presentismo según la cual, la verdad de los enunciados acerca de lo que fue y será, se fundamenta en el estado presente del mundo. Según Bigelow (1996: 47), no debemos considerar que las relaciones causales lo sean entre cosas que existen en diferentes momentos, sino que se dan entre propiedades presentes. Esto es, el presente alberga dentro de sí mismo todas las propiedades y posibilidades tanto del pasado, como del futuro, de modo que sería posible salvaguardar las relaciones entre el pasado y el presente, así como fundamentar la verdad de todos los enunciados temporales:

The past no longer exists; yet there is a sense in which the past can never be lost: the world will always be one with the property of having once been thus and so. Likewise the future does not exist yet; yet there is a sense in which the future will be what it will be: the world has always been one with the property of being a world which is going to be thus and so. At any given time, you can grasp truths

which transcend your present and describe the world *sub specie aeternitatis*, from the standpoint of eternity (Bigelow, 1996: 47).

Keller (2010), evidencia dos dificultades de este enfoque. La primera consiste en que, si bien con la propuesta realizada se puede comprender que el estado presente de las cosas es efecto de estados de cosas del pasado y que a su vez es la causa de los estados futuros, cuesta comprender cómo justificar la verdad de ciertos eventos que tal vez no influyeron causalmente en el estado de cosas actuales, ya que esto significaría que en el presente no habría rastro alguno de la ocurrencia de estos eventos. En segundo lugar, Keller afirma que no es suficiente con sostener que un evento determinado ocurrió en el pasado, sino que se debe concretar el momento en el que dicho suceso ocurrió. Para esto, según Keller (2010: 267), el presentista debe comprometerse con un número mucho mayor de propiedades que deben existir en el presente y que justifiquen los sucesos pasados. Así, sería una propiedad el ser un objeto Q la mañana del sábado pasado y otra diferente ser Q la tarde del sábado pasado. Esta propuesta supone una proliferación inmensa de propiedades que, además, no se sabe a qué objetos pertenecen. Por ejemplo, la propiedad de ser un mundo en el que se asesinó a Patrice Lumumba el 17 de enero de 1961, ¿a qué sujeto del presente pertenece? Según Keller, esto no puede ser una propiedad del mundo, sino que debería serlo de algo parecido o del tipo de Patrice Lumumba.

Para superar estas dificultades, Keller (2010: 269-270) presenta una propuesta que denomina “presentismo atómico”. Según esta versión del presentismo, el mundo estaría constituido por un número determinado de partículas. La configuración presente de estas partículas y las propiedades que se vehiculan a través de ellas, sería el fundamento de todas las verdades contingentes acerca del mundo. De este modo, cuando afirmamos que el Louvre está en París, esto es verdad debido a que hay cierto número de partículas que tienen ciertas propiedades y que configuran tanto el Louvre como París, estableciendo la relación que existe entre la ciudad y el museo. Por otro lado, cada una de las partículas sería eterna y llevaría consigo su pasado, de tal manera que en ellas

se encuentran las propiedades que nos informan de dónde vienen y a dónde van:

It is, on this view, a brute fact about any given particle that it was in a certain place and instantiated certain properties in 1536, and it is a brute fact about the particle that it will be in a certain place and will instantiate certain properties in 2036 (Keller, 2010: 269).

No obstante, considero que estas dos propuestas comparten un problema común que las hace muy difíciles de aceptar tal y como se presentan. Ambas afirman que en el presente existen las propiedades que nos pueden informar y fundamentar la verdad de enunciados sobre el pasado y el futuro. Esto parece implicar un determinismo muy fuerte, según el cual una configuración determinada del mundo es compatible únicamente con un pasado y con un futuro concreto. Esta suposición sería cuanto menos controvertida, ya que no parece haber nada que indique un determinismo de este tipo, sino que más bien ocurre al contrario dado que la mecánica cuántica parece conllevar un indeterminismo bastante acusado.

Por otro lado, el “presentismo atómico” de Keller no especifica en qué sentido debe entenderse el que cada una de estas partículas sea diferente a las demás, en qué se concreta esa diferencia de propiedades y cómo se plasma en estas partículas el hecho de haber formado parte en el pasado de una configuración determinada. Es decir, no queda en absoluto claro en qué consiste la diferencia entre dos partículas. Sería necesario especificar en qué se diferencia una partícula que en el pasado era parte del conjunto de partículas que conformaban el diente de un *Tyrannosaurus rex*, de otra que conformaba junto con otras el tronco de una conífera. ¿En qué se concreta la diferencia de estas partículas con trayectorias históricas diferentes? ¿cómo es posible descifrar esa información histórica? Por otro lado, se presupone que estas partículas son eternas y por lo tanto indestructibles, dado que, si no lo fueran, con su destrucción se perdería la información del pasado que poseen, lo que difuminaría el propósito inicial de la teoría. No obstante, esta premisa parece contradecir el conocimiento que tenemos de la física de partículas, según la

cual los electrones (partícula considerada elemental por la física actual) pueden desintegrarse en radiación gamma, así como ser creados en determinadas condiciones (Wilson, Buffa and Lou, 2010: 958-959; Eichler, 2005; Hubbell, 2006).

Otra modalidad de presentismo que se ha propuesto para solucionar el problema de la fundamentación, es el “presentismo *ersatz*”, sostenido por Markosian (2004), Bourne (2006), Crisp (2007) y Wüthrich (2009), entre otros. En esta modalidad de presentismo, se introducen tiempos *ersatz*; entidades abstractas que se presentan con la intención de representar tanto los tiempos pasados, como los futuros. De esta manera, se pretenden representar los eventos que fueron, pero que ya no son, y aquellos que sucederán:

There is the abstract present time, which is a maximal, consistent proposition. There are many things that are similar to the abstract present time in being maximal, consistent propositions that either will be true, are true, or have been true. Each one is a time. The abstract present time is the only one of all of these abstract times that happens to be true right now. And then there is the concrete present time, which is the sum total of all present facts. It is the only concrete time that exists, and it is what makes the abstract present time true. Talk about non-present times can be understood as talk about maximal, consistent propositions that have been or will be true. For example, the time ten years from now can be identified with the maximal, consistent proposition that will be true in ten years (Markosian, 2004: 76).

También se introduce una relación de orden entre los tiempos *ersatz* análoga a las relaciones antes-después. De este modo, de acuerdo con este presentismo, “Lumumba fue asesinado” sería verdadero en caso de que haya un tiempo *ersatz* t_1 que represente el momento presente, y haya un tiempo *ersatz* t_2 que sea anterior a t_1 y que represente el asesinato de Lumumba.

Sin embargo, si nos atenemos a la caracterización de estos tiempos *ersatz* podrían surgir ciertos problemas. Si consideramos que nuestro lenguaje tiene al mundo como referencia, entonces, solo elementos del propio mundo pueden hacer verdaderos nuestros enunciados. Pero no se puede decir que los tiempos *ersatz* sean parte del mundo:

Such an ersatzist presentism would admit merely non-present events only as abstract entities that lack any physical existence, introduced solely for representational purposes. These non-present ersatz events do not form part of the sum total of physical existence. Ersatzist presentism is a form of presentism—it asserts that everything that exists *physically* is present even though there are *abstract* existents located at non-present times (Wüthrich, 2009: 447).

Si, tal y como afirma Wüthrich, los tiempos *ersatz* solo son abstracciones con fines prácticos que no forman parte de la suma total de la realidad física, cabe preguntarse de dónde surgen estas construcciones abstractas y en virtud de qué mecanismo tienen la capacidad de sustituir a un evento del pasado para hacer verdadero o falso aquello que expresemos sobre el pasado o el futuro. La cuestión es que si aceptamos que es la realidad la que hace verdaderas o falsas nuestras creencias o enunciados, resulta difícil concebir cómo estos tiempos *ersatz* pueden sustituirla en esta función. Como poco, debería establecerse un mecanismo que relacione los eventos pasados con estos tiempos *ersatz* que utilizamos en el presente, cómo los construimos y por qué se considera que son suficientemente representativos tanto de tiempos pasados como futuros. Habría que aclarar si estos tiempos *ersatz* son reconstrucciones de tiempos pasados o, por el contrario, son representaciones directas de estos. Esta no es una cuestión menor, ya que si son reconstrucciones, sería complejo hablar de verdad y falsedad y, tal vez, sería más correcto hablar de: adecuación, coherencia con nuestras teorías, aproximación, predicción, retrodicción, etc. Por el contrario, si entendemos que se trata de representaciones y las justificamos, podría ser posible hablar de verdad y falsedad.

Considero que es necesario replantearse el problema de los *truthmakers* desde otra perspectiva, más consistente a mi modo de ver con la práctica actual, tanto del conocimiento ordinario, como de las ciencias que tratan del pasado (historia, arqueología, biología evolutiva, paleontología, geología, cosmología). En primer lugar, tal y como afirma Dummett (1978), no podemos desligar la verdad o falsedad de nuestro conocimiento sin tener en cuenta las condiciones, prácticas y limitaciones del mismo. Y el conocimiento del pasado, independientemente del ámbito científico, posee una particularidad fundamental que lo diferencia del conocimiento de otras ciencias. Tal y como afirma Scholz (2014: 249), la ciencia histórica tiene como fuentes de su saber 1) la memoria, 2) los testimonios de otras personas (ya sea orales o escritos), 3) restos (ya sean arquitectónicos, culturales, técnicos; o biológicos como fósiles, estratos, sedimentos o la radiación de fondo de microondas) y 4) las inferencias que se realizan desde el momento presente al pasado (en las que intervienen la razón, la experiencia y el marco teórico del que se parte). Es decir, a diferencia de otras ciencias, la historia no tiene la posibilidad de contrastar las hipótesis y teorías construidas con el hecho concreto estudiado, por lo que el acceso directo al pasado no es posible.

Esto ha hecho que autores como Goldstein (1976) y Roth (1991) hayan negado la posibilidad de una descripción verdadera del mundo y concretamente del pasado, dado que la actividad del historiador no es representativa, sino reconstructiva, por lo que se introducen estructuras conceptuales que no son propias del mundo sino del intelecto humano; como la noción de evento. Por otro lado, Oakeshott (1933) afirma que solo se puede hablar de verdad histórica en cuanto adecuación de los eventos históricos dentro de un marco preexistente. Habermas (1988, 1999), por su lado, adopta una postura kuhniana de la verdad acerca del mundo, afirmando que solo es posible hablar de esta en cuanto que acuerdo llegado de un modo racional en una comunidad determinada. McCullagh (1998, 2004), por su lado, pretende rescatar la noción de verdad para la ciencia histórica frente a los ataques del postmodernismo; no obstante, reconoce el carácter reconstructivo de estas ciencias y no maneja una noción de verdad realista ingenua:

[...] I proposed a sense in which historical descriptions can be true or false which, I argued, is consistent with everything else we believe about our knowledge of the world. That was the correlation theory, which states that a description of the world is true if it is part of a coherent account of the world, and if the observation statements implied by that account could be confirmed by people of the appropriate culture and with the appropriate interests (McCullagh, 1998: 307).

Estas nociones de verdad chocan frontalmente con aquella que defienden los que afirman que la existencia del pasado es necesaria para poder hablar de verdad:

The concept of truth is connected both to meaning and to reality. We might even say that it is ambiguous in that it has two distinct domains of application. Linguistic entities are capable of being true or false, and the world is that which makes true or false our utterances about it (Dyke, 2002: 149).

Esta concepción de la verdad, parece olvidar el carácter constructivo de la ciencia histórica y que a través de ella no es posible contrastar ningún enunciado directamente con la realidad. Únicamente es posible contrastar los enunciados con aquellos datos e indicios que poseemos en el presente y en el marco de una teoría determinada. Esto es, los seres humanos no tenemos acceso a la verdad en el sentido de poder afirmar absolutamente cómo es el mundo. De hecho, la propia naturaleza de nuestra comprensión imposibilita que podamos desarrollar un conocimiento absoluto del mundo, debido a que nuestras teorías son simplificaciones, generalizaciones, conceptualizaciones, idealizaciones científicas, modelos de la realidad que nunca podrán describirlo en su totalidad. Para ello, sería necesario realizar un modelo perfecto del mundo, lo cual implicaría duplicarlo, en cuyo caso perdería todo propósito científico. Tal y como afirma McCullagh:

Historical descriptions are constructed by historians on the basis of the evidence available to them, interpreted according to their general and historical beliefs. In calling them credible, historians are not saying they have magical access to the past which enables them to see what happened, so that they can vouch for their accuracy. Rather, they are asserting that the historical descriptions are part of an excellent explanation of the evidence available to them, indeed part of the best explanation that can be imagined (McCullagh, 2004: 16).

El argumento de los *truthmakers* fracasa porque ni el mejor método para conocer el pasado es capaz de contrastar sus enunciados, teorías e hipótesis con este, sino que lo hace con las evidencias que se poseen, a través de las cuales se construye un modelo del pasado que se utiliza para contrastar los enunciados acerca del mismo. Kant (1787), ya mostró que nuestro conocimiento no tiene la capacidad de acceder al mundo de un modo inmediato, por lo tanto, creo que si somos coherentes con ello, no podremos aceptar la afirmación de que es la realidad la que hace verdaderos o falsos nuestros enunciados sobre el pasado. Más bien, deberíamos reconocer que el método de contrastación del pasado se da en nuestras mentes, o en una comunidad de mentes, que construyen (reconstruyen) una imagen del pasado a través de inferencias realizadas con los vestigios y datos disponibles, dentro de un marco teórico-histórico determinado.

Considero que el argumento de los *truthmakers* pierde su razón de ser en un marco en el que no hay verdades absolutas y en el que nuestro mejor conocimiento de la realidad tanto presente como pasada y futura es una construcción sofisticada, realizada en el seno de una comunidad que no tiene acceso directo al pasado, en un marco en el que la verdad se comprende de un modo aproximativo, coherente con una teoría determinada y con los datos disponibles, o en sentido probabilístico en el caso de las predicciones.

2.2. Crítica del dinamismo desde la física.

En el anterior apartado se ha procedido a analizar la crítica del dinamismo desde el punto de vista de los argumentos cuyo origen es puramente metafísico y lingüístico; no obstante, tal y como se ha constatado, parte del peso de dicho argumentario recae sobre diversas interpretaciones que se han realizado y se siguen realizando sobre ciertas teorías de la física actual. La fuente principal que usan los diferentes autores para criticar el dinamismo que aparentemente existe en el mundo es la Teoría de la Relatividad Especial (TRE) desarrollada por Albert Einstein. Concretamente, se trata de fundamentar la teoría del universo bloque con la unión del espacio y el tiempo en espacio-tiempo realizada por Minkowski en el contexto de la TRE, y la crítica de la simultaneidad que realiza Einstein en la misma TRE.

En este apartado, por lo tanto, se expondrán los principales argumentos esgrimidos por los defensores del universo bloque para apoyar su teoría y se intentará elaborar una respuesta crítica a los mismos aportando una aproximación diferente en coherencia con la tesis defendida a lo largo de este trabajo.

2.2.1. Espacialización del tiempo 4D.

Tal y como se ha expuesto en el apartado 1.2.5, en el que se han explicado las líneas fundamentales de las Teorías de la Relatividad Especial y General, Minkowski (1908) desarrolló una geometría espacio-temporal en cuya conceptualización se resumían todas las consecuencias de la TRE. En esta propuesta, Minkowski unifica la dimensión espacial junto con sus tres coordenadas, con la temporal junto con su única coordenada, dando como resultado un continuo tetradimensional (4D). Dado que para ubicar un suceso son necesarias tres coordenadas espaciales más una temporal, Minkowski en su formulación une las cuatro dimensiones:

From now onwards space by itself and time by itself will recede completely to become mere shadows and only a type of union of the two will still stand independently on its own. [...] Let x , y , z be

orthogonal coordinates for space and let t denote time. The objects of our perception are always connected to places and times. No one has noticed a place other than at a time and a time other than at a place (Minkowski, 1908: 39-40).

Así pues, esta variedad tetradimensional es el escenario en el que ocurren los sucesos, que son descritos por cuatro coordenadas espaciotemporales. Así, un punto en el espacio en un momento determinado se define como un *worldpoint*. Idealmente, toda la historia de este punto se puede representar en el espacio-tiempo, dando como resultado la línea del mundo de dicho punto. Cualquier objeto o sistema es susceptible de ser representado de este modo, ya sea una persona, un planeta, un sistema solar o el propio universo. De este modo, en el espacio-tiempo de Minkowski (1908: 40), el universo se halla representado en estas líneas del mundo y las leyes de la física se expresan en las interrelaciones entre ellas.

Esta exitosa representación conceptual de la TRE, supuso que algunos conocidos físicos y matemáticos realizasen una interpretación realista de la conceptualización realizada por Minkowski. Existen varios ejemplos a lo largo del siglo XX que ilustran esta situación. Hermann Weyl es paradigmático, considera que el dinamismo de la realidad es únicamente una ilusión creada por la subjetividad, mientras que la realidad es estática:

The objective world simply *is*, it does not *happen*. Only to the gaze of my consciousness, crawling upward along the life line of my body, does a section of this world come to life, as a fleeting image in space which continuously changes in time (Weyl, 1949: 116).

Una interpretación similar la podemos encontrar en la afirmación de Geroch, quien considera que dentro del espacio-tiempo no cabe el dinamismo, en el cual toda la historia de los diferentes sistemas está descrita de principio a fin:

There is no dynamics within space-time itself: nothing ever moves therein; nothing happens; nothing changes. In particular, one does not think of particles as “moving through” space-time, or as “following

along” their world-lines. Rather, particles are just “in” space-time, once and for all, and the world-line represents, all at once, the complete life history of the particle (Geroch, 1978: 20-21).

Ya en el siglo XXI, Paul Davies argumenta de un modo similar afirmando que en el marco tetradimensional que supone la unión del espacio y el tiempo, no caben las distinciones temporales de pasado, presente y futuro, ya que toda la historia del universo está comprendida en el espacio-tiempo:

Researchers who think about such things, however, generally argue that we cannot possibly single out a present moment as special when every moment considers itself to be special. Objectively, past, present and future must be equally real. All of eternity is laid out in a four-dimensional block composed of time and the three spatial dimensions (Davies, 2006: 9).

A pesar de que la disputa sobre la realidad o no del dinamismo en el universo es muy antigua, tal y como se ha podido constatar en el anterior apartado (2.1), la unificación de espacio y tiempo aportó un argumento muy potente a los defensores de la concepción estática de la realidad, permitiendo interpretarla como una consecuencia difícilmente soslayable dado el éxito de la Teoría de la Relatividad. Un claro ejemplo de esta tendencia lo encontramos en el punto de vista de Williams (1951), quien expone lo que llama “teoría de la variedad”. Según esta teoría, el universo consiste en un conjunto de eventos esparcidos por el continuo espaciotemporal y anima a considerar de un modo realista esta noción estática y eterna de la realidad:

Logic, with its law of excluded middle and its tenseless operators, and natural science, with its secular world charts, concur inexorably with the vision of metaphysics and high religion that truth and fact are thus eternal. [...] the theory of the manifold is anyhow literally true and adequate to that world (Williams, 1951: 457-458).

Por otro lado, Smart (1955, 1963) considera que la interpretación adecuada de una teoría tetradimensional como la de Minkowski, es aquella en la que se entiende que lo que se representa en los gráficos son los objetos en toda su historia, por lo que no tiene sentido hablar de cambios en los objetos, ya que esto requeriría una quinta dimensión temporal. Por el contrario, el modo coherente de representar los diferentes estados de los objetos es hacer referencia a determinadas secciones temporales y comparar o constatar el estado que estas “poseen” (entendiendo poseer en un sentido *tenseless*). En el caso de Smart, hay diversos motivos por los que acepta esta visión estática de la realidad, pero, tal y como él mismo reconoce, la conceptualización de Minkowski tiene gran importancia:

For many purposes the four-dimensional logic is better. The most notable example is the Minkowski world in physics. Woodger uses the four-dimensional logic in most of his writings. Quine advocates it tellingly in *Mind*, 1953, p. 442 (Smart, 1955: 240).

No obstante, considero más relevantes las afirmaciones de aquellos autores que defienden que existe una incompatibilidad entre cualquier concepción dinámica del mundo y la TRE. Según estos autores, la TRE solo es posible en un mundo tetradimensional, esto es, dentro del modelo del universo bloque. Esta posición la mantienen pensadores como Petkov (2005, 2006, 2007), Wesson (2010), Peterson y Silverstein (2010), Stuckey y McDevitt (2018), entre otros; estos consideran que en caso de que esta incompatibilidad sea insalvable, se debe optar por aquella opción que sea acorde con la TRE, el universo bloque.

Una de las defensas más elaboradas y sostenidas en el tiempo del universo bloque, basada en la incompatibilidad de una visión del mundo dinámica, es la realizada por Petkov (2007:1501), quien afirma que los efectos relativistas únicamente se pueden explicar en un contexto tetradimensional (4D, estático) y que en un marco tridimensional (3D, dinámico) no podrían ocurrir. En primer lugar, Petkov (2006: 214) afirma que el mundo ha de ser 4D si pretendemos ser coherentes con la crítica de la simultaneidad. Para que esta

tenga sentido, defiende, debemos considerar que la realidad es 4D y que este continuo puede ser dividido en diferentes secciones de simultaneidad. De modo que, los diferentes planos de simultaneidad percibidos por los diferentes observadores en movimiento relativo, se explican porque el pasado, presente y futuro existen por igual; por ello, lo que para algunos observadores es un evento futuro, para otros observadores inerciales puede ser un evento pasado. Por lo tanto, si la realidad no fuese 4D, no sería posible que diferentes observadores inerciales tuvieran distintas percepciones sobre el orden temporal de los eventos.

Un argumento similar es utilizado por Petkov (2006: 215-221) con el efecto relativista de la contracción de la longitud. Según la Teoría de la Relatividad Especial (TRE), simultáneamente con un evento E, dos observadores A y B realizan una medición diferente de una misma regla L. Dado que B está en movimiento relativo respecto a la regla, su medición L_B arrojará un resultado inferior al de la medición de A, que es un observador que está en reposo respecto a esta. Por lo tanto, tenemos que dos observadores diferentes realizan mediciones de una misma regla que arroja resultados distintos, donde $L_B < L_A$ (Figura 2.2).

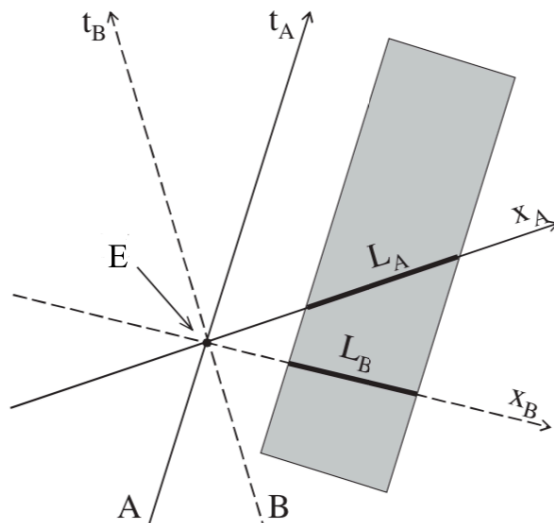


Figura 2.2: Aquí se puede ver la línea del mundo de una regla representada por el rectángulo gris. También se pueden ver representadas las mediciones realizadas en el evento E por A y por B, L_A y L_B respectivamente.

Según Petkov, para que la contracción de la regla sea posible, el “tubo del mundo” de esta ha de ser real y no meramente un modo de representar la posible historia de un sistema. Y es que si lo que realmente existiese fuese una regla 3D, ello implicaría que todos los observadores estarían midiendo la misma regla, con la misma longitud espacial. No obstante, Petkov (2006: 216) sostiene que los observadores no miden la misma regla:

So, when we say that A and B measure the same rod we refer to the worldtube of the rod, but the observers regard different three-dimensional cross-section of the rod’s worldtube as their rod, which means that they do measure different three-dimensional rods (Petkov, 2006: 216).

Esto es, para Petkov el objeto real es la regla 4D y la contracción espacial es posible únicamente porque los observadores en movimiento relativo toman secciones tridimensionales diferentes de dicho objeto, secciones que pertenecen a partes diferentes de la regla 4D. Según Petkov, en un esquema dinámico 3D, no podríamos observar la contracción de las reglas porque existiría una única sección 3D de la regla, la regla en sí, que tendría la misma longitud para todos los observadores. El mundo 4D, por el contrario, puede ser considerado como una amalgama de secciones 3D que forman toda la historia del sistema, por lo que sería posible tomar diferentes secciones de un mismo objeto que arrojasen medidas diferentes, dado que estamos juntando en una misma medida “momentos” diferentes de ese objeto.

Para ilustrar la situación, Petkov (2006: 219)²³ propone una situación difícil de explicar si no se acepta que la realidad es 4D. La situación es la siguiente: supongamos que tenemos una regla en reposo respecto del marco de referencia de A; esta regla tendrá instaladas tres bombillas, una en medio y

²³ Petkov (2005: 139-142) presenta una situación similar, solo que con la utilización de relojes, de tal manera que las mediciones que dos observadores en movimiento relativo realizan, son inconsistentes entre sí. Este ejemplo sirve a Petkov para llegar a la misma conclusión que en la situación que se va a exponer aquí.

dos más en cada extremo. En el plano de referencia de A, todas las bombillas lucirán simultáneamente con el mismo color. Un instante antes de que A y B se crucen en el mismo lugar t_A^g , para A todas las luces estarán verdes; en el momento en el que A y B coinciden $t_A^M = t_A^r$, las luces estarán en rojo; y un momento después estarán en azul t_A^b . Cuando A y B se encuentran en M en el momento $t_A^M = 0$ según el tiempo medido por A, y en $t_B^M = 0$ según el tiempo de B, estos tomarán imágenes de las tres bombillas instaladas en la regla. Cuando mirasen las imágenes tomadas, tal y como se puede apreciar por el diagrama de la figura 2.3, lo que ambos capturarían en sus imágenes serían cosas muy distintas. En las imágenes de A, todas las bombillas estarían en rojo, pero en las de B la situación será muy diferente, ya que este habrá capturado la bombilla de un extremo (ese del que se aleja) en verde, la bombilla de en medio en rojo y la bombilla del extremo al que se dirige en azul.

Según esta situación, en las imágenes de B se encuentran partes de la regla que para A son parte del pasado, presente y futuro de esa regla. Para Petkov el único modo de dar sentido a esta situación es aceptando que a lo que

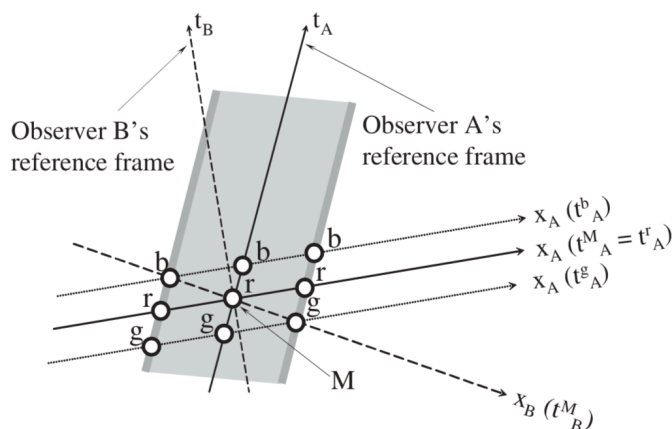


Figura 2.3: En este diagrama se puede apreciar a los observadores A y B que están en movimiento relativo. No obstante, A se encuentra en reposo en relación a la regla, cuya línea del mundo está representada en gris. En el diagrama podemos observar que A ve todas las bombillas simultáneamente del mismo color, primero en verde (g), luego en rojo (r) y finalmente en azul (b). Sin embargo, el plano de simultaneidad de B es diferente e incluye estados diferentes de las diferentes bombillas (Petkov, 2006: 219).

llamamos pasado y futuro de un objeto, son igualmente reales:

... the experiment directly confirmed this conclusion: parts of the rod's past, present, and future (which are also A's past, present, and future since the rod is at rest in A's frame) exist simultaneously as B's present rod. A's present rod also contains parts of B's past, present, and future rod. This would not be possible if the rod did not exist equally in its past, present, and future. Therefore, A and B conclude that their experiment has a profound physical meaning — it proves that all physical objects are extended in time, which means that they are four- dimensional (Petkov, 2006: 220-221).

Este modo de entender la TRE ya fue criticado por Frank (1976), quien sostiene que se trata de un problema de formulación. El problema estaría, según este, en que al formular los efectos relativistas se hace excesivo énfasis en la cuestión de la existencia o no de los eventos para los diferentes observadores, sin percatarnos de lo que él considera el factor fundamental; este no es otro que el hecho de que estamos hablando de dos medidas diferentes realizadas por dos observadores diferentes. Esto es, el hecho de que sistemáticamente se den incongruencias de medición entre observadores en movimiento relativo, no justifica necesariamente una diferencia en aquello que existe o deja de existir. Para Frank, es un error considerar que la realidad es 4D y que el mundo 3D es una falsa descripción de la realidad, ya que estaríamos renunciado a la posibilidad de verificar si algo existe o no. Dado que nuestra percepción es 3D, no podríamos percibir aquello que realmente existe, los objetos 4D.

Para ilustrar la situación, Frank (1976: 390) pone como ejemplo el siguiente caso: supongamos que ocurre un evento E_1 y supongamos los observadores B_1 y B_2 que se encuentran en movimiento relativo. E_1 consiste en que las manecillas de determinado reloj están a las doce en punto. E_2 será otro evento, la colisión entre dos coches, el cual será percibido por B_1 simultáneamente con E_1 , pero B_2 , observará E_2 antes que E_1 . Según Frank, si expresamos esta situación como el resultado de lo que perciben dos

observadores, siendo que para uno E_2 aún no ha ocurrido, mientras que para el otro sí, y que no observan los dos eventos de un modo coherente en el tiempo, ya que para uno de ellos son simultáneos, mientras que para el otro estos son sucesivos, estamos utilizando un lenguaje que nos lleva a engaño y podría hacernos concluir que el mundo es un bloque 4D y que las condiciones concretas de los observadores son las que determinan qué sección de ese bloque es el que se observa. No obstante, Frank considera que si formulásemos la situación de un modo menos dependiente de los observadores, haciendo referencia a que lo que sucede es una incongruencia en la medida realizada por dos observadores en movimiento, el observador perdería su relevancia cediéndosela a la medición:

If this sentence is formulated in this way, then the two observers, as men of flesh and blood, no longer occur, and the sentence referred to has the meaning: 'at the time of the collision of the motor-cars a certain watch shows exactly ten o'clock, while another watch, which moves relatively to the first with a certain velocity v , only shows one minute to ten.'

If this mode of expression is chosen, it becomes at once perfectly obvious that in relativity as well as in classical mechanics only one collision of motor-cars takes place, and that two different watches moving with different velocities merely show different times at the moment of impact (Frank, 1976: 390).

Maxwell (2006), por su lado, considera que la única razón de peso que se podría esgrimir a favor de una visión 4D de la realidad, sería una interpretación de la TRG en un sentido determinista en el que los objetos fundamentales de la realidad son los eventos que se encuentran ubicados en el espacio-tiempo 4D. No obstante, resultaría difícil argumentar la necesidad de esta concepción de la realidad dada la incompatibilidad de la TRG con la Mecánica Cuántica (MC), la otra teoría con más éxito y reconocimiento en la comunidad científica. Ocurre que la MC es una teoría con un fuerte carácter probabilista, lo cual hace que, si tomamos esta teoría como base para interpretar la realidad, podamos descartar la noción “eventista” y tratar de

fundamentar una teoría “objetista” de la realidad. Según esta, el elemento básico de la realidad son los objetos 3D que se mueven, cambian, se crean y se destruyen y que se encuentran esparcidos en el espacio, pero no en el espacio-tiempo. Así, si se puede desarrollar una versión de la MC que sea fundamentalmente probabilista, sería posible descartar el “eventismo” de las teorías de la relatividad:

By a “fundamentally probabilistic” theory I mean one that postulates real, objective probabilistic transitions in nature, not specifically tied to measurement. If a fundamentally probabilistic version of QT turns out to be “correct”, to the extent that it is free of the conceptual defects which plague orthodox QT, and meets with greater empirical success than orthodox QT, then there are strong grounds for holding that nature herself is probabilistic, especially in view of the staggering empirical success of QT (Maxwell, 2006: 237).

Por otro lado, Maxwell sostiene que hay abundante evidencia de que la realidad es probabilista. De ser así, sería razonable considerar la existencia de hiperplanos que abarcarían todo el universo y en los que los eventos probabilistas suceden:

The point now is this. If nature is fundamentally probabilistic in character, as well as being quasi quantum mechanical, then it is not unreasonable to suppose that there are cosmic-wide instantaneous “nows” associated with probabilistic transitions that are entirely physical in character (Maxwell, 2006: 237-238).

Como resultado de estas dos teorías podemos obtener dos modelos de realidad opuestos; por un lado, la visión estática 4D, y por lo tanto, determinista de la TRG, y por el otro, el mundo dinámico e indeterminista de la MC.

Asimismo, me parece fundamental el punto que remarca Ohanian (2007: 91-92). Según este, resulta difícil aceptar la afirmación de que los efectos relativistas de la contracción espacial y la dilatación temporal son

incomprensibles si no es en un marco 4D. Resulta, que esta aseveración es rápidamente refutada cuando tenemos en cuenta que la primera derivación de estos efectos fue realizada en un entorno 3D. De hecho, Lorentz derivó estas consecuencias en 1904 en un marco 3D, un año antes de que Einstein publicase su TRE, también en un marco tridimensional; característica que no cambiaría hasta la formalización de Minkowski en 1908. Por lo tanto, parece evidente que, estas consecuencias son derivables en un marco 3D. Así pues, desde un punto de vista formal, la compatibilidad con este marco dimensional no está injustificada.

Una vez derivadas las consecuencias, podríamos preguntarnos si es posible comprenderlas en ausencia de un marco 4D. La respuesta es sí. En el apartado 1.2 he tratado esbozar de una posible alternativa a la interpretación habitual de las TRE y TRG, mostrando que es posible, además de deseable, elaborar una teoría constructiva que sea capaz de fundamentar dinámicamente la contracción de las reglas y la dilatación temporal. Los efectos relativistas que se discuten en la TRE son presentados como la consecuencia cinemática de la limitación de la velocidad de la luz y de su invariancia para todo sistema de referencia inercial. No obstante, es posible emprender el camino inverso para explicar los resultados relativistas. Podríamos afirmar que la dilatación temporal y la contracción de las reglas no son una consecuencia del principio de la invariancia de la velocidad de la luz, sino que esta se manifiesta por la ralentización de la evolución de los sistemas en movimiento relativo a los campos gravitatorios del universo (o algún otro sistema físico). Esta estrategia no es novedosa, físicos como FitzGerald (1889), Lorenz (1892), Pauli (1981), Jánosy (1971), Bell (1992) y Brown (2005), entre otros, han defendido la necesidad de una aproximación a los fenómenos relativistas de este tipo:

If you are, for example, quite convinced of the second law of thermodynamics, of the increase of entropy, there are many things that you can get directly from the second law which are very difficult to get directly from a detailed study of the kinetic theory of gases, but you have no excuse for not looking at the kinetic theory of gases to

see how the increase of entropy actually comes about. In the same way, although Einstein's theory of special relativity would lead you to expect the FitzGerald contraction, you are not excused from seeing how the detailed dynamics of the system also leads to the FitzGerald contraction (Bell, 1992: 34).

Esto es, existen alternativas a una visión 4D de la realidad, en el sentido de que los objetos son continuos que discurren a lo largo de una línea espacio-temporal. De hecho, ninguna de ellas es novedosa. Por ello, estoy de acuerdo con Reichenbach cuando afirma que debemos ser cautos a la hora de interpretar el significado de la unión de las dimensiones espacial y temporal:

Calling time the fourth dimension gives it an air of mystery. One might think that time can now be conceived as a kind of space and try in vain to add visually a fourth dimension to the three dimensions of space. It is essential to guard against such a misunderstanding of mathematical concepts. If we add time to space as a fourth dimension, it does not lose in any way its peculiar character as time. Through the combination of space and time into a four-dimensional manifold we merely express the fact that it takes four numbers to determine a world event, namely three numbers for the spatial location and one for time. Such an ordering of elements, each of which is given by four conditions (coordinates) can always be conceived mathematically as a four-dimensional manifold.

The practical value of this form of mathematical expression lies in the fact that we can occasionally visualize the manifold with the aid of spatial concepts, i.e., that we can represent them graphically (Reichenbach, 1928: 110-111).

2.2.2. Relatividad de la simultaneidad.

Tal y como se ha podido ver en el subapartado 2.1.3, uno de los argumentos más utilizado por los defensores del universo bloque es la supuesta incompatibilidad de un universo dinámico con la TRE. Estos autores

consideran que como la teoría es aceptada por la comunidad científica y ha sido bastante contrastada, deberíamos abandonar nuestra creencia infundada en un universo dinámico y aceptar que este es estático, tal y como sugiere la TRE. Estas afirmaciones están basadas en un famoso argumento elaborado por Rietdijk (1966) y Putnam (1967), el cual afirma que la relatividad de la simultaneidad implica un tipo de realidad en la que todo está determinado; por lo tanto, para cualquier observador inercial el pasado, el presente y el futuro son igualmente reales y están igualmente determinados.

Para la exposición de este argumento voy a seguir el propuesto por Putnam (1967). El objetivo que persigue con esta argumentación es tratar de presentar el universo bloque como una consecuencia necesaria de la crítica de la simultaneidad que se realiza en la TRE. Según este, comúnmente solemos considerar que las cosas que existen en este instante son las reales. Sin embargo, reparemos en las siguientes afirmaciones:

- 1) Solo es real lo que existe en este momento.
- 2) Yo soy real ahora.
- 3) Existen otros observadores que pueden estar en movimiento relativo respecto de mi marco de referencia.
- 4) Tal y como sugiere la TRE, no existe ningún marco de referencia privilegiado.
- 5) Real será aquello que tiene una cierta relación R conmigo, y como existen otros observadores que son reales, aquellas cosas que estén en relación R con ellos también son reales.
- 6) R es una relación de simultaneidad, relación que se va a considerar que posee una naturaleza transitiva.

Se trata de afirmaciones que un presentista aceptará, pero tal y como se ha podido observar en el subapartado 1.2.5, dos observadores O_1 y O_2 , en movimiento relativo, no estarán de acuerdo en el orden temporal de las cosas. De este modo, estos dos observadores puede que coincidan en el mismo lugar, pero sus líneas del mundo tendrán una inclinación diferente, lo que a su vez provocará que sus planos de simultaneidad difieran, tal y como se puede apreciar en la figura 2.5.

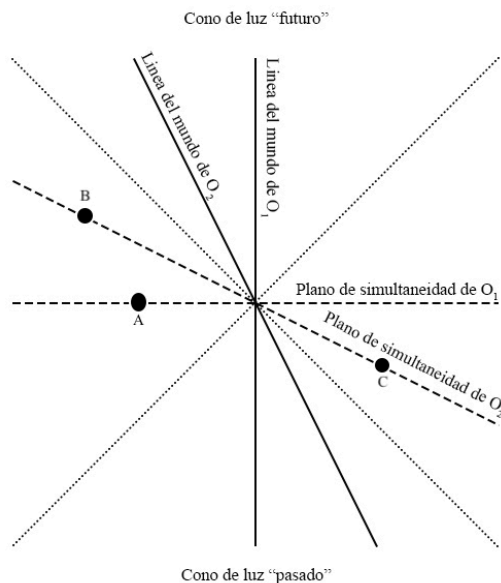


Figura 2.5: En este diagrama se ven representadas las líneas del mundo de los observadores O_1 y O_2 ; con líneas discontinuas los planos de simultaneidad de ambos observadores, siendo evidente que estos no coinciden a pesar de encontrarse en el mismo lugar. Con líneas de puntos los conos de luz. El cono inferior representa las señales lumínicas que llegan del pasado hasta el observador, el pasado absoluto. El cono superior representa la difusión de una señal lumínica desde el presente, por lo que supone el futuro absoluto (regiones separadas temporalmente). A los lados de los conos de luz encontramos las zonas “separadas espacialmente”. Son áreas con las que no es posible comunicarse, por lo que diferentes observadores en movimiento relativo no ordenarán los eventos que ocurran aquí del mismo modo.

Según Putnam (1967: 241), en el marco de la física clásica es aceptable la creencia de que todo aquello que sea simultáneo con un observador puede ser tratado como lo real; esto es debido a que en la física newtoniana el tiempo es absoluto. No obstante, si asumimos la TRE considera que la situación es muy diferente. Como se ha dicho, según la TRE habría discrepancias en el orden temporal de los eventos entre dos observadores que estén en movimiento relativo. Si a esto le sumamos el principio de que no existen observadores privilegiados, tendremos consecuentemente que no se puede decidir cuál de las observaciones es la real. Tal y como se puede ver (figura 2.5), para O_1 el evento A es presente, B es parte del futuro y C es del pasado. Pero para O_2 la

situación es muy diferente; los eventos B y C son presentes y por lo tanto reales, mientras que A se sitúa en su pasado. Esto es, no van a estar de acuerdo en cuáles de estos eventos son reales y cuáles no. Mientras que para O_1 únicamente el evento A es real, para O_2 solamente B y C lo son.

Putnam considera que si a esta situación le añadimos que no existen observadores privilegiados y la propiedad transitiva de R, no hay más remedio que admitir que los eventos futuros también son reales:

For, if the relation R satisfies (2)—and I take (2) to mean (at least when I assert it) that all things that exist *now* according to *my* coordinate system are real—and you-now are as in figure 1, then you-now must stand in the relation R to me-now, since you exist both *now* and *here*. But, if the relation R always holds between all the events that are on some one “simultaneity line” in my coordinate system and me-at-the-appropriate-time, then (since the laws of nature are invariant under Lorentz transformation, by the principle of Special Relativity), the relation R must also hold between all the events on some one “simultaneity-line” in *any* observer's coordinate system and that-observer-at-the-appropriate-time. Hence, all the events that are simultaneous with you-now in *your* coordinate system must *also* bear the relation R to you-now. Let event X be one such event which is “in the future” according to *my* coordinate system (if our velocities are as shown in figure 1, then such an event X must always exist). Then, since the event X bears the relation R to you-now, and you-now bear the relation R to me-now, the event X bears the relation R to me-now. But we chose R to be such that all and only those events which bear R to me-now are real. So the event X , which is a *future* event according to my coordinate system, is already real! (Putnam, 1967: 243).

Como ya se ha mostrado previamente, este argumento se ha tomado en muchas ocasiones para cerrar el debate entre la concepción dinámica de la realidad y la estática. Así lo creía el propio Putnam:

I conclude that the problem of the reality and the determinateness of future events is now solved. Moreover, it is solved by physics and not by philosophy. We have learned that we live in a four-dimensional and not a three-dimensional world [...]. Indeed, I do not believe that there are any longer any *philosophical* problems about Time; there is only the physical problem of determining the exact physical geometry of the four-dimensional continuum that we inhabit (Putnam, 1967: 247).

Lejos de la intención de Putnam, varios filósofos han respondido a su argumento desde varios puntos de vista. En primer lugar, aquellos que han considerado que desde la teoría física no es posible extraer dichas conclusiones, no sin ciertas premisas que no se encuentran en la teoría. En segundo lugar, los que proponen diversas alternativas a la interpretación de Putnam y ofrecen un modelo de universo que no es estático y no está determinado. Finalmente encontramos una tercera postura, la de aquellos que niegan ciertos aspectos de la TRE, o que incluyen características de otras teorías que supondrían un reto para la interpretación estática. Por lo general, estos últimos autores tratan de establecer un plano de simultaneidad absoluto que tenga la capacidad de definir objetivamente la diferencia entre aquello que es real y lo que no.

Tal y como afirma Sklar (1985: 292), de una teoría física solo puede extraerse tanta metafísica como se introduce en ella. Es decir, en el argumento de Putnam, este introduce ciertos supuestos que no son propios de la teoría.; concretamente, considera que aquello que es simultáneo con un observador ha de ser considerado real para este, esto es, se da una relación R entre el observador y el objeto. Esta idea de que aquello que sea considerado por el observador como simultáneo ha de ser considerado también como real para dicho observador, es algo que no se encuentra incluido en la TRE. Además, se supone que la relación R es transitiva, por lo que es posible ampliar el plano de simultaneidad (realidad) de un observador con el de aquellos observadores que sean “reales” para él, pero cuyos planos de simultaneidad no coincidan por estar en movimiento relativo. En cambio, en la TRE no hay

nada que nos obligue a aceptar que la simultaneidad o “aquello que es real para” deba ser una relación de naturaleza transitiva; esta es una premisa que introduce Putnam y sin la cual no es posible extraer su conclusión.

Por otro lado, Sklar (1985: 291) también señala lo extraño que resulta aceptar en el marco de la TRE la transitividad de lo “real para”, ya que en la teoría este concepto de simultaneidad ya ha sido relativizado. Por lo tanto, si se ha aceptado que lo que es simultáneo (real) para un observador es relativo, ¿por qué aceptar como real todo lo que todos los observadores consideran simultáneo con su marco de referencia?

Asimismo, siguiendo esta línea argumental, Dieks (1991) indica la imposibilidad de extraer consideraciones ontológicas a partir de la TRE, ya que las leyes físicas no establecen una diferencia absoluta entre pasado, presente y futuro, o entre lo determinado y lo indeterminado. Esto es necesariamente así, dado que con la física se pretenden dar explicaciones universales para todo momento y lugar:

Physics cannot operate with a preferred ‘now-point’, since its basic aim is to give descriptions by universal laws, valid for *all* times and places. In the formulation of physical laws one disregards the specific properties of events, and retains only what is common to all processes of a certain kind. Consequently, even if the ‘now’ from direct experience reflects something objectively real, it has no role to play in physical laws. The laws of physics by themselves cannot reveal what time it is (Dieks, 1991: 258).

Es decir, en la teoría física no hay nada que nos indique que el concepto relativo de simultaneidad afirme algo en absoluto acerca de la realidad o la irrealidad de ciertos eventos. Esta imposibilidad es aún más evidente si se analiza el origen de la relatividad de la simultaneidad, que no es otro que la inexistencia de señales con una velocidad infinita. Este hecho, es algo que Dieks (2006, 2010) ha explicado basándose en el análisis de Reichenbach (1928). La cuestión principal es que la simultaneidad es algo que no se percibe de un modo directo, por lo que son necesarias ciertas reglas que establezcan

la existencia de esta relación entre eventos basándose en hechos observables. Solo de esta manera podemos dar contenido al concepto. Resulta, que estas reglas pueden establecerse de diversas maneras llevando a diferentes juicios acerca de la simultaneidad. Unas reglas serán más simples que otras, pero tienen un claro carácter convencional; por ejemplo, Reichenbach (1928: 127) reconoce que la definición de simultaneidad que hace que la velocidad de la luz sea la misma en todas las direcciones, es más deseable por llevar a relaciones más simples, pero esto no significa que la realidad sea necesariamente así.

Es necesario diferenciar entre la simultaneidad local, que podemos considerar un hecho objetivo ya que no se ve afectada (no significativamente) por la Relatividad, y la simultaneidad de aquellos eventos que se encuentran separados espacialmente. La causa fundamental reside en que cuando tratamos de conectar ciertos eventos separados espacialmente, es necesario realizarlo mediante señales que tienen una velocidad limitada. Esto provoca que en el tiempo desde que esta señal parte hasta que vuelve, hay un periodo en el que no es posible determinar la relación que unos eventos guardan con otros. Dicho de otro modo, el límite de la velocidad de la señal crea una ambigüedad. Si desde S_1 enviamos una señal lumínica e_1 a S_2 , esta llegará a S_2 en e_2 y regresará a S_1 en e_3 ; esto significa, tal y como se puede observar en la figura 2.6, que no se podrá determinar la relación temporal de todo aquello que ocurra en S_1 entre e_1 y e_3 con el evento e_2 . Esto es así, porque cualquier

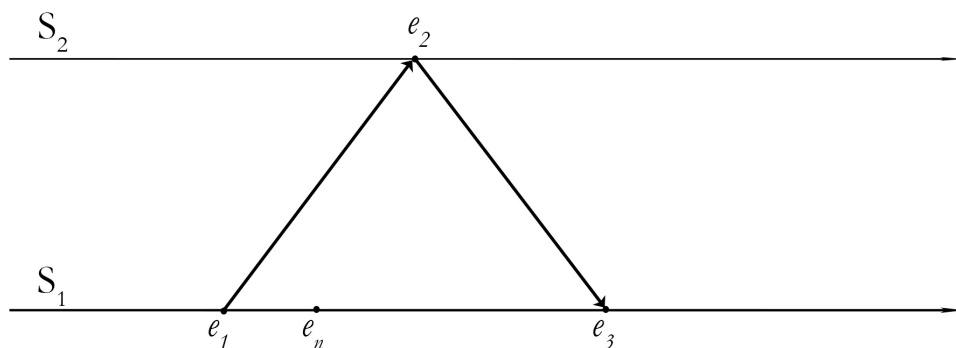


Figura 2.6: Representación de la indeterminación respecto del orden temporal de eventos separados espacialmente.

señal posterior a e_1 que emitiésemos hacia S_2 desde S_1 llegaría en un momento posterior a e_2 , por lo que resulta imposible conectar los eventos e_1 con e_2 , lo cual hace que no se pueda establecer un plano de simultaneidad absoluto. Para definir la relación temporal de e_1 con e_2 , habrá que deducirlo a través de los supuestos ya mencionados, como por ejemplo la igualdad de la velocidad de la luz.

Sin embargo, la igualdad de la velocidad de la luz en todos los sentidos no deja de ser una convención, ya que cuando se emite un rayo de luz desde A, que se reflejará en un punto B para de nuevo volver a A, únicamente conocemos el tiempo total que dicho haz de luz ha tardado en completar el trayecto, pero no podemos estar seguros de que haya tardado lo mismo en ir y venir, ya que para garantizar eso deberíamos hacer uso de dos relojes sincronizados, uno en A y el otro en el punto B. Pero, según Reichenbach (1928: 133), no existe el modo en el que podamos asegurar que dichos relojes estarán sincronizados una vez que separemos uno del otro espacialmente. Esto es así por dos razones: a) la TRE afirma que transportar un reloj a cierta velocidad hará que dichos relojes discrepen en su medida y b) aun suponiendo que la TRE sea errónea, no podemos saber si uno de los relojes se adelanta o atrasa, por lo que no es posible afirmar su sincronía inequívocamente. Por lo tanto, la igualdad de la velocidad de la luz es una convención que se adopta por aportar relaciones más simples.

Esto refuerza aún más la idea de que la estructura de la TRE no implica una noción estática de la realidad como la propuesta por los defensores del universo bloque; más bien, hace referencia a la limitación que implica la falta de señales instantáneas que puedan conectar eventos cualesquiera sin ningún tipo de ambigüedad, sin importar sus posiciones o sus velocidades relativas. Esto es, la TRE nos obliga a extraer consecuencias acerca de los límites epistemológicos que supone el límite de la velocidad de la luz, pero no nos dice nada acerca de qué es real o no. El hecho de que no nos sea posible determinar absolutamente el orden temporal de un evento, no implica nada sobre la realidad de dicho evento, sino sobre la capacidad que tenemos para conocer el mundo dadas sus características.

Con un espíritu similar al de la crítica realizada por Sklar, Stein (1968, 1991) propone un modelo temporal que refuta la crítica realizada por Putnam y Rietdijk. Según este, en el marco de la TRE, dada la crítica realizada por Einstein al concepto de simultaneidad, que concluye la inexistencia de marcos de referencia absolutos, se debe aceptar que el plano de simultaneidad de cada observador está constituido únicamente por cada uno de ellos. Así, si se asocia simultaneidad para cierto observador con presente para este, y aquello que es presente para este como lo real, tenemos que únicamente podemos definir lo real para cada marco de referencia. Autores como Sklar (1985), Dieks (1988) o Savitt (2009) han mostrado su alineación con este modelo temporal o al menos han reconocido su aceptabilidad dentro del marco de la TRE:

The theory of relativity demands that we treat all these worldlines on a par. That is, it is not appropriate to define one universal “now”; instead, we have to assign a now-point to every single worldline. In this way we get a division of every worldline into a future and a past part (Dieks, 1988: 458).

Algunos autores, como Saunders (2002: 286) o Callender (2000: 592), han criticado que este modelo temporal implica una forma insostenible de solipsismo, dado que un punto de “aquí” y “ahora” es lo único que podemos conocer con certeza, y no aceptan que esto constituya lo único real para un observador. Lo cual nos lleva a preguntarnos la base según la cual un observador determinado debería privilegiar su “ahora” local por encima del de otros observadores. No obstante, no veo cómo la constatación de la limitación de establecer una relación temporal unívoca entre diferentes observadores puede ser una crítica. Ciertamente, se trata de una limitación, pero no queda claro por qué debiéramos considerar que nuestro conocimiento carece de estas limitaciones que en otros ámbitos parecen ser aceptadas sin mucha dificultad. Un claro ejemplo de ello es el límite absoluto de la incertidumbre cuántica; si medimos con exactitud la velocidad de una partícula no podremos conocer su posición, y *vice versa*.

Putnam (1967: 246), por su lado, anticipa una crítica a la respuesta ofrecida por Stein. Si consideramos que únicamente son presentes los eventos locales de un observador determinado O , en muchas ocasiones ocurrirá que ciertos eventos que se encuentren separados espacialmente de O , y que por lo tanto no se puedan considerar como parte del presente de *este*, pueda llegar un momento en el futuro de O en el que la señal de dicho evento llegase hasta él. Esto cualificaría al evento como parte del pasado absoluto y determinado de O , sin haber sido nunca presente para este.

Sin embargo, Stein no percibe este argumento como algo negativo, sino que lo acepta como una consecuencia directa de la TRE que nos informa de lo diferentes que son la geometría euclídea y la implicada por la teoría:

If “presentness to each other” of events is taken to mean that *each has, for the other, already become*, then in pre-relativistic theory we have the ordinary concept; but in Einstein-Minkowski space-time *an event’s present is constituted by itself alone*. In this theory, therefore, the present tense can *never* be applied correctly to “foreign” objects. This is at bottom a consequence (and a fairly obvious one) of our adopting relativistically invariant language –since, as we know, there is no relativistically invariant notion of simultaneity. The appearance of paradox only confirms that the space-time of Einstein and Minkowski is quite different from prerelativistic space-time (Stein, 1968: 15).

Desde el punto de vista que he defendido, esta no es una conclusión ajena a lo que he venido planteando, solo que habría que hacerlo desde la perspectiva relacional, esto es, que no sea realista respecto de los conceptos de espacio y tiempo. En este sentido, la TRE estaría planteando, tal y como Reichenbach (1928: 129-147) reconoce, una limitación epistemológica. La imposibilidad de determinar la simultaneidad de los eventos es la consecuencia de la dificultad de aportar una definición de la velocidad de la luz que no tenga carácter convencional.

También se han ensayado varias respuestas al argumento Putnam-Rietdijk tratando de mantener un plano absoluto de simultaneidad; plano que sería

aquél en el que suceden las cosas, y por lo tanto, el que deberíamos identificar con la noción de presente absoluto. Cohen (2016: 49) afirma que es posible establecer una noción de simultaneidad extendida a todo el espacio a través de la afirmación de la igualdad de la velocidad de la luz en todas las direcciones. Sin embargo, esta estrategia no es capaz de resolver el problema tal y como pretende el autor, ya que esta solución tiene un claro carácter convencional dado que no podemos comprobar observacionalmente esa igualdad de la velocidad de la luz. Por otro lado, Bourne (2006: 173-174) utiliza una estrategia lógico-lingüística para establecer el plano de simultaneidad. Así, representa la simultaneidad de dos eventos e y e^* con la expresión $(p \ \& \ q)$. Por lo tanto, estos eventos son simultáneos si en el pasado, presente o futuro la siguiente conjunción es verdadera:

$$(6.1) \ e \text{ is absolutely simultaneous with } e^* = \text{def. } \mathbf{P}(p \ \& \ q) \vee (p \ \& \ q) \vee \mathbf{F}(p \ \& \ q).$$

For I say that it isn't that the conjunctions are true *because* the events are simultaneous, but rather that they are simultaneous because the conjunctions are true. And, why not? There is no compelling reason to think it must go the other way round. For the truthmaker for the conjunction can quite easily be given without relying on the notion of simultaneity: ' $(p \ \& \ q)$ ' is true iff ' p ' is true and ' q ' is true, each of which just require present facts to make them true. Since, for presentism, there is an ontologically significant and basic sense in which events are present, we should expect that a definition of simultaneity could and would be given in terms of presentness rather than the other way round (Bourne, 2006: 173-174).

No obstante, esta es una estrategia que no comparto en absoluto. Tal y como se ha criticado previamente, la verdad no es algo que determina la realidad, sino una relación entre una proposición y un estado de las cosas (siempre que hablemos de la verdad de proposiciones empíricas). Esto significa que el estado de las cosas es determinante para la verdad o falsedad de las proposiciones. Una teoría así supone invertir los términos y dar una

relevancia excesiva al lenguaje, lo cual nos lleva a un idealismo, a mi juicio, insostenible.

Por otro lado, tanto Zimmerman (2011) como Tooley (1997, 2008), aportan sus propias alternativas basadas en una noción sustantiva de espacio-tiempo. Estas teorías tratan de diferenciar en la variedad una parte que podría ser identificada con el presente, la parte en la que todas las cosas suceden. En el caso de Tooley (1997: 344), afirma que existe un marco de referencia absoluto y que cuando se dice que dos eventos son absolutamente simultáneos es porque lo son respecto del espacio absoluto. Presenta como evidencia de la existencia de este plano de simultaneidad absoluto el entrelazamiento cuántico; fenómeno predicho por la mecánica cuántica según el cual, dos partículas pueden estar relacionadas de tal manera que al realizar una medición en una de ellas, la otra se ve instantáneamente afectada, poniendo en cuestión el límite absoluto de la velocidad de la luz que establece la relatividad. Este modo de ver las cosas, es incompatible con la tesis que vengo defendiendo, por estar basada en una noción relacional del espacio y del tiempo que ya se ha discutido en el apartado 1.2.

Finalmente, estoy de acuerdo con Sklar (1985) y Dieks (1991) en que únicamente de la teoría, sin realizar ningún tipo de asunción metafísica, no es posible extraer las conclusiones a las que llegan Putnam y Rietdijk. De hecho, considero que una de las enseñanzas fundamentales de la TRE, es precisamente la de mostrar uno de los límites físicos del conocimiento. Si la relatividad de la simultaneidad es un hecho, es precisamente porque no conocemos ningún tipo de señal que sea más veloz que la luz, y que esta posee un claro carácter convencional. Asimismo, en consonancia con la postura que he venido defendiendo, concuerdo con Hinchliff (1996, 2000), Brown (2005), Brown y Pooley (2002, 2006) y Callender (2008), en que posiblemente la mejor manera de dar respuesta a las dificultades que puedan suponer tanto la TRE, como la TRG, se podría esclarecer desde un punto de vista relacional y dinámico, frente al habitual sustantivo y cinematográfico:

In my opinion, by far the best way for the tensor to respond to Putnam et al. is to adopt the Lorentz 1915 interpretation of time

dilation and Fitzgerald contraction. Lorentz attributed these effects (and hence the famous null results regarding an aether) to the Lorentz invariance of the dynamical laws governing matter and radiation, not to space-time structure. On this view, Lorentz invariance is not a space-time symmetry but a dynamical symmetry, and the special relativistic effects of dilation and contraction are not purely kinematical. The background space-time is Newtonian or neo-Newtonian, not Minkowskian. Both Newtonian and neo-Newtonian space-time include a global absolute simultaneity among their invariant structures (with Newtonian space-time singling out one of neo-Newtonian space-time's many preferred inertial frames as the rest frame). On this picture, there is no relativity of simultaneity and space-time is uniquely decomposable into space and time. Nonetheless, because matter and radiation transform between different frames via the Lorentz transformations, the theory is empirically adequate. Putnam's argument has no purchase here because Lorentz invariance has no repercussions for the structure of space and time. Moreover, the theory shouldn't be viewed as a desperate attempt to save absolute simultaneity in the face of the phenomena, but it should rather be viewed as a natural extension of the well-known Lorentz invariance of the free Maxwell equations. The reason why some tensors have sought all manner of strange replacements for special relativity when this comparatively elegant theory exists is baffling (Callender, 2008: 52-53).

2.2.3. El universo bloque y el hiperrealismo científico.

Tras el análisis realizado, se puede ver con claridad que buena parte del argumentario de los defensores del universo bloque proviene de una interpretación concreta de la ontología de las teorías y conceptos teóricos; en este caso de la TRE y la TRG. Así, como se ha visto, encontramos autores que defienden la existencia del espacio-tiempo, y otros que además afirman que los diagramas de Minkowski son una representación verdadera de la

realidad y que los objetos no son 3D sino 4D. Por lo tanto, si deseamos dar cuenta de la auténtica realidad, debemos comprender que las entidades fundamentales no son los objetos en diferentes momentos, sino las líneas del mundo de estos objetos o incluso del propio universo como sistema.

Este tipo de interpretaciones de las teorías físicas comenzaron a ganar terreno tras la pérdida de centralidad de las ideas propias del neopositivismo. En ese momento, el realismo científico comenzó a rellenar el hueco dejado por el instrumentalismo. Especialmente influyente fue el “argumento del no milagro” (Smart 1963 y Putnam 1978); según este, si las entidades teóricas no fuesen reales el éxito de las teorías científicas parecería un hecho milagroso, por lo que si no queremos considerar que tras el conocimiento científico opera algún tipo de mecanismo misterioso, es necesario aceptar las entidades postuladas por las teorías. De este modo, las interpretaciones realistas de los conceptos teóricos se extendieron entre los filósofos de la ciencia, y algunos filósofos de la física hicieron lo propio con aquellos conceptos que consideraron centrales en las teorías científicas más relevantes, de modo que se comenzó a aceptar ampliamente la existencia del espacio-tiempo, las líneas del mundo, etc. (Earman 1970, Stein 1970).

Aquí, voy a utilizar la definición de realismo de van Fraassen para concretar y caracterizar mejor el tipo de realismo al que se está haciendo referencia: “science aims to give us, in its theories, a literally true story of what the world is like; and acceptance of a scientific theory involves the belief that it is true” (van Fraassen, 1980: 8).

En esta definición tenemos al menos tres compromisos: 1) uno ontológico, ya que se reconoce la capacidad que la ciencia tiene para captar la verdad acerca del mundo; 2) un compromiso epistemológico, según el cual la ciencia tiene la capacidad de representar el mundo; y 3) la ciencia tiene la capacidad de captar la realidad del mundo, tal y como es, independientemente del sujeto cognoscente. Por lo tanto, nos introduciremos en consideraciones propias del debate entre realistas y anti-realistas; no voy a aportar nada a la discusión general ya que esto requeriría toda una tesis dedicada únicamente a este respecto, pero sí que pretendo extraer de ella argumentos que sean válidos

para dirimir la siguiente cuestión en concreto: ¿es necesario interpretar todos los conceptos de la TRE o TRG como verdaderos o como representación de entidades actuales del mundo?

Algunos filósofos de la física afirman que este debería ser el caso, dado que consideran más apropiado extraer una cierta teoría metafísica de nuestras mejores teorías que interpretarlas importando ideas ajenas a estas:

I can only note here the sprawling debate concerning instrumentalism and realism in scientific theories and indicate my partiality to the realist side. I prefer to derive metaphysical insights from our most well-confirmed theories rather than import them into (Savitt, 2006: 123).

Esta estrategia a simple vista parece una opción legítima, ¿qué mejor alternativa a la hora de hacer metafísica que la de extraerla de las teorías científicas más exitosas que tenemos a nuestro alcance? No obstante, tal y como hemos visto en el subapartado anterior (2.2.2), en una teoría física puede extraerse tanta metafísica como se introduce en ella y por ello, difícilmente el recurso a una teoría u otra podrá resolver los problemas metafísicos existentes. Este es el modo en el que Sklar responde a la pretensión de Putnam (1967: 247) de que todos los problemas de la filosofía del tiempo hayan sido solucionados por la TRE:

I think that such a naive view is as wrong as it can be. Just as a computer is only as good as its programmer (“Garbage in, garbage out”), one can extract only so much metaphysics from a physical theory as one puts in. While our total world view must, of course, be consistent with our best available scientific theories, it is a great mistake to read off a metaphysics superficially from the theory’s overt appearance, and an even graver mistake to neglect the fact that metaphysical presuppositions have gone into formulation of the theory, as it is usually framed, in the first place (Sklar, 1985: 291-292).

Efectivamente, nuestra visión del mundo ha de ser coherente con nuestro conocimiento científico; al fin y al cabo, no hay duda de que este tipo de saber es el más fiable del que disponemos. No obstante, resultaría un tanto ingenuo tomarlo por objetivo o absoluto sin considerar los compromisos en los que incurre la propia actividad científica. Tal y como afirma Dieks (1991: 258), si pretendemos aportar con nuestras teorías físicas explicaciones universales que sean válidas en todos los lugares y tiempos, no se podrá privilegiar un momento o lugar determinado; por ello, desde una teoría física no se va a establecer una diferencia entre lo que es el pasado, el presente o el futuro, a pesar de que desde el punto de vista de la experiencia existan diferencias evidentes entre estos conceptos. Tampoco debemos olvidar ciertas asunciones convencionales que habitualmente existen en las teorías y que podrían concebirse de un modo diferente. Así, por ejemplo, tenemos la elección de un espacio-tiempo plano en la TRE en el cual se obvian los sistemas no inerciales, así como los efectos de la gravedad o la igualdad de la velocidad de la luz en todas las direcciones espaciales.

Este carácter convencional de ciertos componentes de la teoría resulta relevante, dado que estos podrían interpretarse de un modo diferente. Este es el caso de la noción de espacio-tiempo que algunos filósofos y físicos optan por interpretar de un modo relacional, tal y como he expuesto y defendido en el subapartado 1.2.6. Así, ante la interpretación realista de la variedad de coordenadas que realiza Earman (1989), por su indispensabilidad para la representación de los campos físicos, tanto Rovelli (2006) como Dieks (2010) ofrecen una respuesta similar en la que se descarta una interpretación realista de la variedad, y esta se interpreta como un artificio matemático sin significado físico destinado a describir campos y otros objetos físicos cuyas localizaciones se determinan relacionándose entre sí. Así, Dieks (2010: 15) y Rovelli (2006: 34) consideran que una interpretación correcta del significado del espacio-tiempo es considerarlo como el campo gravitatorio de toda la masa del universo o la combinación del campo gravitatorio de todos los objetos masivos del universo, en clara sintonía con la propuesta realizada por Mach (1912).

Por lo tanto, resulta evidente que no se trata de algo tan simple como derivar una cierta metafísica de la teoría; las teorías y el significado de sus términos no vienen determinados unívocamente por la propia teoría, sino que esta puede ser interpretada de diferentes maneras. Claramente, por lo expuesto en el subapartado 1.2.6, considero más adecuada una interpretación relacional de estos conceptos frente a una interpretación sustantiva.

Consideremos ahora otra actitud que algunos filósofos de la física han sostenido. Según estos, no hay razón para pensar que podamos poseer la experiencia de realidades que no estén comprendidas o que no sean explicables por nuestras teorías científicas más exitosas, concretamente por las físicas:

Here I can only ask, if science cannot find the ‘becoming frame’, what extra-scientific reason is there for positing it? If the answer is our experience of becoming, we are essentially stating that our brains somehow have access to a global feature of the world that no experiment can detect. This is rather spooky. If the answer instead comes from conceptual analysis on metaphysical categories such as change, we must ask whether there is reason to think our concept *accurately* mirrors reality. Our concept of (say) change is loaded with pre-scientific connotations. Why think it reveals something about the properties of spacetime that science cannot? (Callender, 2000: S597).

La duda que arroja Callender no es una cuestión menor, supone poner en duda toda experiencia que no esté explicada por la ciencia o comprendida en alguna de sus teorías, restringiendo toda la realidad a aquello que la ciencia pueda afirmar. Una afirmación así, en primer lugar, parece excesivamente optimista en lo que a la capacidad de la ciencia se refiere. ¿Por qué habríamos de pensar que nuestras teorías científicas más exitosas tienen la capacidad de describir toda la realidad, cuando al hacer un pequeño análisis de la historia de la ciencia nos encontramos con que las teorías pasadas han ido abandonándose sucesivamente por otras más adecuadas? Por lo tanto, tal y como sostiene Laudan (1981) con su argumento de la “inducción pesimista”,

¿cómo podemos asegurar la verdad de nuestras teorías científicas si en muchas ocasiones ha resultado que los conceptos que estas usaban han caído en desuso? Algunos ejemplos de estos conceptos son el flogisto, el calórico, el éter electromagnético, el éter óptico o incluso el espacio y tiempo absolutos. Resulta difícil, por lo tanto, sostener que no hay nada digno de atención fuera del alcance de nuestras teorías científicas, cuando la historia nos dice que lo más probable es que nuestras mejores teorías científicas y sus conceptos también acaben siendo sustituidas por otras más exitosas.

Por otro lado, la cuestión que Callender arroja sería razonable si el conocimiento científico fuese perfecto, esto es, si el mundo estuviese perfectamente representado por las teorías científicas. Pero hace mucho que sabemos que esto no es así; la realidad resulta extremadamente compleja y no se puede comprender en su totalidad a través de una teoría científica, ya que una buena parte de esta se escapa a las redes conceptuales que elaboramos, no siendo capaces de manejar intelectualmente semejante complejidad. Por ello, “pretender abarcarlo todo y conocerlo en su exacto detalle es una meta utópica” (Mosterín, 2013b: 130). Como la realidad es tan compleja, recurrimos a un lenguaje que nos es más comprensible, como el matemático, que nos ayuda a construir modelos de los sistemas empíricos que pretendemos entender. A la hora de construir estos modelos tratamos de encontrar idealmente una estructura matemática que se parezca en algún aspecto clave a la realidad que pretendemos modelizar. No obstante, para ello se recurre a la aproximación, la abstracción y la simplificación:

El modelo estándar de la cosmología actual se basa en la métrica de Friedmann-Robertson-Walker, que corresponde a una situación cósmica extraordinariamente simple, la de un Universo perfectamente isótropo y espacialmente homogéneo. [...] aunque sabemos que en realidad no lo es, sino que más bien tiene una estructura esponjosa formada por enormes vacíos rodeados de grandes concentraciones de galaxias (Mosterín, 2013b: 133).

Efectivamente, la simplificación en la ciencia es algo fundamental, de lo contrario estaríamos construyendo una representación de la realidad igual de compleja que esta, por lo que resultaría inútil. Si el conocimiento científico sirve para algo, es precisamente para hacer comprensible la enorme complejidad que existe en el mundo. Esto hace que debamos ser cautos a la hora de tomar las teorías al pie de la letra, dado que en muchas ocasiones esto puede no ser adecuado:

[A] theory is just a model of the universe, or a restricted part of it, and a set of rules that relate quantities in the model to observations that we make. It exists only in our minds, and does not have any other reality (whatever that might mean). A theory is a good theory if it satisfies two requirements: it must accurately describe a large class of observations on the basis of a model that contains only a few arbitrary elements, and it must make definite predictions about the results of future observations (Hawking, 1988: 9).

Si hacemos un paralelismo entre la relación que tiene una teoría científica con el ámbito que pretende explicar o representar y la relación existente entre un mapa y la ciudad o el territorio representado en él, podremos ver con facilidad la simplificación que supone y cómo se introducen ciertos elementos referenciales que no existen en la realidad. Generalmente, cuando vemos un mapa de una ciudad únicamente se representan aquellas cosas que resultan útiles para nuestro propósito (orientarnos en la ciudad), todo el resto de información que no ayude a este cometido no se representa. Asimismo, los artefactos que se introducen para orientarnos en el mapa, como la escala, las indicaciones de orientación o las líneas de meridianos y paralelos, sabemos que tienen un carácter meramente pragmático.

Pretender que solo se pueda afirmar la realidad de aquello que es descrito por nuestras teorías científicas supone el olvido de la naturaleza incompleta de estas. Dicho de otro modo, supone creer que aquello que no aparece en nuestro mapa no es real y que lo real, por lo tanto, es únicamente aquello que aparece en él y en el modo en el que aparece. Así, tendríamos una realidad

que sería bidimensional y en la que podríamos encontrar entidades como meridianos, paralelos, las flechas de norte-sur-este-oeste, la escala e incluso el propio soporte sobre el que está representada; y donde el interior de los edificios serían una ficción, al igual que el día, la noche, los diferentes materiales de los edificios, la gente, etc.

Si fuésemos a aceptar este tipo de realismo, al menos debería darse la condición de poseer una única teoría científica sobre la que no se conociesen fallos explicativos. Evidentemente, hoy día esta no es la situación; somos conscientes de que la TRG es incompleta dado que no tiene la capacidad de explicar los sucesos cuánticos, de ahí que necesitemos la teoría cuántica para describir los procesos a escala subatómica.

Considero que este tipo de realismo, que calificaría de ingenuo, no resulta muy coherente con el análisis de la naturaleza de las teorías físicas realizado por autores como Cartwright (1983), Hacking (1983) o Giere (1988), cuya concepción de las teorías las aleja de la noción de la verdad plena apostando por un realismo que habla de la verdad como aproximación.

Según explica Cartwright (1983), existe un punto de vista profundamente arraigado según el cual las leyes de la naturaleza describirían hechos acerca de la realidad. Concretamente, se ha considerado a las leyes explicativas fundamentales de la física como las ideales y paradigmáticas. Sin embargo, Cartwright sostiene que si interpretamos las leyes fundamentales de la física como descripciones de hechos, resultan ser falsas, y si las modificamos para que sean verdaderas pierden su poder explicativo. De hecho, a diferencia de muchos filósofos, Cartwright cree que tenemos la capacidad de representar los hechos del mundo a través de todo tipo de afirmaciones, incluyendo las generalizaciones de la biología o la ingeniería. Son únicamente las leyes explicativas fundamentales las que no son capaces de representar el mundo (1983: 56).

Para ilustrar la situación, Cartwright analiza uno de los logros más reconocidos de la física clásica, la ley de la gravitación universal:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad G = 6.67 \times 10^{-11}$$

Según Cartwright, esta ecuación no tiene la capacidad de describir cómo se comportan los cuerpos realmente. Resulta que algunos están eléctricamente cargados y la fuerza resultante de su interacción no es Gm_1m_2/r^2 . En el caso de los cuerpos que son a la vez masivos y están cargados eléctricamente, las leyes de la gravedad y la ley de Coulomb interactúan para determinar la fuerza resultante final. Pero ninguna de las leyes por sí misma describe realmente cómo se comportan los cuerpos. Por ejemplo, en la interacción entre un electrón y un protón de un átomo, la ley de Coulomb absorbe a la gravitatoria, por lo que la fuerza resultante es muy diferente de la descrita por la ley de la gravedad.

Ocurre que la ley de la gravedad lleva implícita una clausula *ceteris paribus* que implicaría lo siguiente:

If there are no forces other than gravitational forces at work, then two bodies exert a force between each other which varies inversely as the square of the distance between them, and varies directly as the product of their masses (Cartwright, 1983: 58).

Cartwright concede que la ley en esta forma es verdadera en una teoría determinada, pero apenas útil. Únicamente podrá explicar en circunstancias muy simples o ideales, pero no resulta útil para los casos en los que importan tanto la gravedad como la electricidad. Tenemos tendencia a pensar que el mundo está regido por un pequeño número de leyes fundamentales; sin embargo, está lleno de fenómenos complejos y variados no fundamentales que surgen de la interacción de procesos más simples. Conuerdo parcialmente con la afirmación, dado que, a pesar de las enormes dificultades señaladas, sí que existen ejemplos simples como el experimento de la gota de aceite de Millikan, en los que se pueden realizar predicciones que se cumplen usando a la vez la ley de la gravitación y la de Coulomb.

Ciertamente, tratamos de explicar fenómenos complejos reduciéndolos a sus componentes más simples (explicación por composición de causas), por lo

que estas leyes consideradas fundamentales fallan en su contenido fáctico. La fuerza de estas explicaciones viene de la presunción de que las leyes explicativas actúan en combinación del mismo modo en el que lo harían por separado. Es por lo tanto fundamental que las citadas leyes mantengan la misma forma, dentro o fuera de la combinación, hecho imposible si han de describir el comportamiento real de los objetos. Así, para que la ley sea verdadera en el caso compuesto, debe describir un efecto (el que ocurre), pero para ser explicativa, debe describir algo diferente. Además, tal y como explica Cartwright, en muchos casos no se dispone de leyes generales de interacción, sin las cuales las leyes disponibles pierden su generalidad de aplicación. Cartwright presenta como ejemplo procesos de flujo como la difusión, la transferencia de calor o la corriente eléctrica, que deben ser estudiados por la ecuación de transmisión de la mecánica estadística. Sin embargo, habitualmente, el modelo para la distribución de funciones y los detalles de la ecuación de transmisión son demasiado complejos y el método resulta inútil.

Consecuentemente, obtenemos que cuanto más abstracta y general sea una ley, más explicativa será, pero a costa de no poder representar adecuadamente la realidad. Por otro lado, las leyes fenomenológicas como las leyes características de la biología o incluso aplicaciones de la física a la ingeniería, son muy concretas y por lo tanto muy poco explicativas, pero que poseen un gran contenido fáctico. Sin duda, esta característica de las leyes y las teorías científicas es algo muy relevante que debemos tener en cuenta a la hora de afirmar que una teoría determinada representa adecuadamente la realidad o que todos sus conceptos han de tener una referencia real. Creo que estas consideraciones son muy pertinentes cuando tratamos sobre la interpretación del concepto relativista de espacio-tiempo.

La dificultad para aceptar la noción de universo bloque tampoco se ve reducida si partimos de una noción de ciencia como la que sostenía Popper:

Las teorías son redes que lanzamos para apresar aquello que llamamos «el mundo»: para racionalizarlo, explicarlo y dominarlo. Y tratamos de que la malla sea cada vez más fina (Popper, 1962: 57).

Es decir, si continuamos con el símil, cuando lanzamos la red tratamos de pescar con ella. Sin embargo, cuando recogemos la red, debemos ser capaces de diferenciarla del pez. En el caso de la pesca la diferencia es evidente, pero en el caso de las teorías científicas la cuestión no está tan clara. Como hemos visto, muchos filósofos consideran el espacio-tiempo como un concepto esencial de la realidad, mientras que muchos otros no lo consideran así. Por ejemplo, el físico David Mermin adopta una perspectiva con un claro carácter pragmatista del espacio-tiempo en su concepción de las teorías científicas:

The raw material of our experience consists of events. Events, by virtue of being directly accessible to our experience, have an unavoidably classical character. Space and time and space-time are not properties of the world we live in but concepts we have invented to help us organize classical events. Notions like dimension or interval, or curvature or geodesics, are properties not of the world we live in but of the abstract geometric constructions we have invented to help us organize events (Mermin, 2009a: 9).

Esto es precisamente lo que pretende hacer el realismo selectivo, decidir qué conceptos de la teoría debemos interpretar de un modo realista y cuáles deberían ser considerados como una mera herramienta. Uno de los primeros filósofos en sugerir este enfoque fue Kitcher (1993). Su idea originalmente trataba de responder al argumento de la “inducción pesimista” de Laudan (1981), proponiendo que a pesar de que las teorías son superadas por otras, hay ciertos postulados teóricos que serían los responsables del éxito experimental del que gozaron y que seguirán siendo aproximadamente verdaderos a pesar de que la teoría haya sido descartada.

Campbell (1994) trata de aplicar este programa a la física y desarrollar un criterio a través del cual poder discernir entre aquellos componentes de la teoría que deben ser interpretados realistamente y los que no. Comienza por descartar aquellos elementos que no se deben interpretar de manera realista, entre ellos: las imágenes o representaciones heurísticas, estructuras que no forman parte de los procesos físicos, pero que se emplean para representar

procesos reales (variedades, vectores) y modelos explicativos abstractos (idealizaciones como gases perfectos, sistemas aislados, espacio vacío, etc.). Lo que Campbell (1994: 31-32) va a considerar un criterio adecuado para una interpretación realista será causal; si la explicación causal identifica los elementos que producen los efectos que se tratan de explicar, entonces, dichos elementos de la teoría deben ser interpretados realistamente.

Según este criterio, podría ser que en la TRG tuviésemos que dar una interpretación realista al espacio-tiempo, dado que la materia altera su geometría y esta a su vez influye en la materia. No obstante, como se ha argumentado más arriba, el espacio-tiempo se puede considerar como el campo gravitatorio de toda la masa del universo. Indudablemente, el campo gravitatorio es un elemento causal y debería ser interpretado de un modo realista, pero las propiedades puramente representacionales de la variedad se esfuman y las líneas del mundo no serían más que imágenes utilizadas para representar la historia de un objeto o partícula.

Psillos (1999) sigue desarrollando la propuesta de Kitcher, considerando que aquellos elementos de la teoría que contribuyeron a su éxito estarán presentes en las subsiguientes teorías de su ámbito. Por lo tanto, se tratará de descubrir qué conceptos son indispensables para el éxito de la teoría:

When does a theoretical constituent H indispensably contribute to the generation of, say, a successful prediction? Suppose that H together with another set of hypotheses H' (and some auxiliaries A) entail a prediction P . H indispensably contributes to the generation of P if H' and A alone cannot yield P and no other available hypothesis H^* which is consistent with H' and A can replace H without loss in the relevant derivation of P (Psillos, 1999: 105).

De nuevo, con este criterio parecería que la noción de espacio-tiempo de la TRG es indispensable para la teoría. No obstante, debería aclararse qué es lo que se entiende por este concepto, ya que si se trata del campo gravitatorio del universo, no habría incompatibilidad con lo que he venido defendiendo ni con la visión de un universo dinámico. Por el contrario, este criterio sí que

descartaría el concepto de espacio-tiempo de la TRE, ya que esta teoría inicialmente fue formulada sin hacer uso de la geometría espacio-temporal desarrollada por Minkowski.

Como se puede ver, a pesar de que una interpretación realista ingenua de las teorías parece confrontarse con la realidad de la práctica científica, resulta complicado zanjar esta cuestión definitivamente dado que se trata de un problema filosófico, el cual, a su vez, depende de los valores epistemológicos que se posean. Personalmente, considero más acertada una interpretación del espacio-tiempo instrumental y explicar sus posibles efectos causales en los sistemas a través de la interacción dinámica entre la materia y sus campos, dado que este proceder nos permite ahorrarnos entidades como el espacio, el tiempo o el espacio-tiempo, relegándolos exclusivamente a funciones representativas. Así mismo, tal y como afirma Hempel (1966: 117-119), considero que las entidades teóricas deben explicar nuestra experiencia, no eliminarla. La ciencia debería explicar por qué las cosas se comportan del modo en el que las percibimos: la razón por la que ciertos sistemas cambian el ritmo relativo de su evolución al someterse a la influencia de un campo gravitatorio o a una aceleración (dilatación temporal), por qué las distancias se contraen, etc. Por lo que cuando alguien pretende afirmar que la ciencia muestra que la experiencia que poseemos del dinamismo no es más que una ilusión y que la auténtica realidad es que vivimos en un universo bloque, donde todos los eventos están determinados y el hecho de que algo sea pasado, presente o futuro no es más que una percepción subjetiva, no puedo dejar de pensar que esta suposición es injustificada. Más aún cuando reconocemos los límites de estas teorías y poseemos interpretaciones alternativas que salvarían mejor la experiencia que poseemos de la realidad, como la concepción relacional por la que se ha abogado a lo largo de la tesis.

CONCLUSIONES

En este estudio he realizado un extenso recorrido a lo largo de problemas relevantes surgidos tanto en la filosofía del tiempo, como en la filosofía de la física. Tal y como se ha podido comprobar, en el debate intervienen profundas cuestiones filosóficas, como los valores epistemológicos, la función del conocimiento científico, la manera de interpretar este conocimiento, lo que entendemos por real o existente, etc. Como es de suponer, dependiendo de la respuesta que demos a estas cuestiones nuestra imagen del mundo variará en gran medida, pudiendo derivar en una concepción de la realidad estática que tiene como escenario el espacio-tiempo; o, por el contrario, desembocar en una idea de la realidad dinámica, acorde con nuestra experiencia más básica, en la que los conceptos de espacio y tiempo son herramientas teóricas.

Si tomamos aisladamente los diferentes argumentos que he venido desarrollando, podría ser que estos no pareciesen lo suficientemente sólidos como para desafiar la concepción estándar acerca de la naturaleza del tiempo; sobre todo, si tenemos en cuenta que me enfrento, entre otras cosas, a una interpretación bien asentada de una de las mejores teorías disponibles, la TRG. Además, he ofrecido una concepción del tiempo y de la realidad que no viene desarrollada a modo de teoría científica, sino como una interpretación alternativa de algunos conceptos de la TRG, que, si bien cuentan con el apoyo de un buen número de especialistas, por el momento no están implementadas de un modo sistemático.

No obstante, si tomamos los argumentos en conjunto, considero que podemos afirmar que se ha conseguido el objetivo principal que persigo con esta investigación: una teoría del tiempo que sea fiel al fundamental aspecto dinámico del universo y que lo sea sin recurso a entidades intangibles e incognoscibles; una teoría en cuya base se encuentre el cambio como origen material del concepto métrico de tiempo. Esto es, que entienda que el tiempo es una abstracción del proceso de medición, donde únicamente intervienen sistemas cambiantes; un sistema cambiante como referencia elegido

convencionalmente para medir el cambio de otro sistema o grupo de sistemas.

En primer lugar, al analizar la discusión entre los defensores de la noción relacional y los defensores de la concepción sustantiva, he podido mostrar que la primera cuenta con ciertas virtudes como la economía conceptual y teórica. Es más, he mostrado que una teoría relacional sería capaz de explicar los mismos sucesos que una teoría sustantiva, solo que haciendo uso de menos conceptos teóricos; concretamente, prescindiría de los conceptos de espacio y tiempo como entidades primitivas. Además, he argumentado que, desde una teoría relacional, tendríamos la capacidad de explicar el origen y la naturaleza tanto del espacio como del tiempo, cosa imposible si tomamos ambos conceptos como primitivos. Por lo tanto, podríamos afirmar que la interpretación de la realidad que defiende posee, en principio, un mayor poder explicativo.

Sin embargo, también he mostrado las dificultades que existen para dar al campo métrico de la TRG una interpretación relacional, dado que las ecuaciones de campo admiten soluciones para un universo vacío; lo cual indicaría su independencia respecto de la distribución de la materia-energía. Pero, esta dificultad se puede superar si interpretamos el campo métrico como una herramienta matemática de la teoría que no tiene correlato físico y al propio espacio-tiempo como la manifestación de la acción de todos los campos gravitatorios existentes. De este modo, se puede explicar por qué los campos gravitatorios y la aceleración tienen los mismos efectos de dilatación temporal sobre los sistemas. Con esta teoría relacional se abre la posibilidad de dar una explicación dinámica a los efectos relativistas, yendo más allá de la explicación cinemática actual, que no tiene capacidad de revelar el funcionamiento interno causal de estos fenómenos. Podría ser que la aceleración generase las mismas fuerzas que los campos gravitatorios dado que podemos interpretarla como un cambio de velocidad que sufren los sistemas respecto de la media de todos los campos gravitatorios del universo. Este cambio de estado podría estar generando una resistencia dentro de los

sistemas afectados, que provocaría una ralentización de la evolución del cambio del propio sistema.

Soy consciente de que la ciencia no solo busca tener un carácter representacional, sino que el aspecto pragmático resulta fundamental. Una teoría que por ser fiel a la realidad acabe siendo tan compleja que resulte inmanejable, se convertiría en una teoría científicamente poco atractiva. Este podría ser el caso de una teoría semejante a la que estoy defendiendo. Sin embargo, tiene importantes ventajas, como la posibilidad de describir las interacciones físicas haciendo referencia únicamente a sistemas físicos observables. Espacio y tiempo ya no serían necesarios, ya que podríamos describir la realidad física a través de las relaciones espaciales relativas entre sistemas físicos y los cambios que sufren. El cambio, a diferencia del tiempo, seguiría siendo un fenómeno observable y medible en todos los sistemas que conocemos.

Por lo tanto, al adoptar la interpretación del tiempo como cambio, se observan tres ventajas fundamentales: 1) una mayor simplicidad ontológica; 2) para explicar el origen de las fuerzas inerciales o los efectos relativistas, ya no son necesarios conceptos teóricos intermediarios como el espacio y el tiempo o espacio-tiempo, basta con los propios sistemas físicos; y 3) nos permite comprender mejor la naturaleza de fenómenos como la dilatación temporal al posibilitar explicaciones dinámicas con las que podamos comprender el mecanismo que provoca que los sistemas, en determinadas circunstancias, vean alterado su ritmo de cambio.

Asimismo, la constatación de que en el proceso de medición del tiempo lo que realmente se mide es el cambio, también ha resultado fructífera. Cuando entendemos que lo que llamamos medición del tiempo es la medición del cambio a través de un sistema convencional de unidades métricas que definimos para un sistema cambiante determinado (un reloj), resulta patente que únicamente tenemos acceso al cambio y que el tiempo es algo que nunca percibimos por ser una herramienta métrica creada conceptualmente por el ser humano.

He defendido la noción del cambio como algo que supone modificaciones en la distribución de la materia-energía junto con la pérdida o adquisición de nuevas propiedades y relaciones físicas. Noción en la que los sujetos del cambio son los objetos y no los eventos, ya que estos poseen un claro carácter convencional al ser definidos en función de criterios pragmáticos, por lo que no encontramos eventos en el mundo, sino sistemas que sufren cambios o procesos y nosotros, como sujetos agentes, definimos qué parte de la realidad va a constituir un evento. Esto es así, porque entiendo la realidad como un conjunto de sistemas que están en continuo cambio, por lo que no se pueden definir unos límites claros que establezcan el instante exacto en el que un evento comienza o finaliza.

En segundo lugar, esta concepción del cambio me ha permitido alcanzar el segundo objetivo de esta investigación: superar ciertas dificultades que tradicionalmente se han achacado a las teorías dinámicas de la realidad. Si suponemos que los procesos están constituidos por series ordenadas de instantes puntuales en los cuales todo se encuentra estático, resulta poco menos que imposible escapar a la paradoja que plantea Zenón y afirmar que el cambio o el dinamismo de la naturaleza es real. Sin embargo, si admitimos que el tiempo es una herramienta conceptual que nos sirve para medir, ordenar y comparar los cambios que se suceden en la naturaleza, junto con la premisa de que los cambios son continuos, las consecuencias que se derivan naturalmente aportan una solución a la paradoja. Si el tiempo es un artefacto conceptual, entonces resulta evidente que la noción de instante también lo es, ya que la segunda se debe a la primera. Si el tiempo (y el espacio) es un artefacto y el cambio es continuo, no queda espacio para poder realizar interpretaciones o teorías estáticas de la realidad como las de Parménides, Zenón o Russell.

Del mismo modo, el problema que algunos filósofos han planteado en caso de sostener una noción dinámica del tiempo, se diluye en el marco que he defendido. Según argumentan, el problema radica en que, si el tiempo es dinámico, cabría la posibilidad de preguntarse por la velocidad a la que pasa. No obstante, esto nos daría como resultado ciertas unidades aparentemente

carentes de sentido: ¿a qué velocidad pasa el tiempo, a $1s/s$? Dado que el dinamismo que he descrito no descansa en el paso del tiempo, sino en el cambio, este dilema simplemente se diluye. El tiempo no pasa, ni el espacio ocupa lugar, son conceptos métricos que sirven para medir el volumen de los objetos o la velocidad (relativa) a la que cambian. Como tales, podemos decir que no son verdaderos o falsos, sino útiles o inútiles y nos darán, siempre, medidas relativas de las cosas (según cierta regla o en referencia a cierto reloj).

Por otro lado, he mostrado que el argumento de McTaggart falla si no aceptamos, como es el caso, que los eventos son entidades sujetas a cambio y que el único cambio posible es el de pasar de ser futuro a presente y a pasado; así como que el tiempo consista precisamente en eso, en adquirir las diferentes propiedades de la serie A. Finalmente, también he rechazado la metodología que sitúa el análisis conceptual, ideal y lingüístico como método adecuado para dilucidar la naturaleza de la realidad. Esta es una crítica que he extendido tanto a los teóricos de la serie A (dinámica), como a los defensores de la serie B (estática). Mostrar contradicciones en la expresión lingüística para deducir la realidad o irrealidad de ciertos fenómenos es algo que resulta de gran ayuda para no cometer errores de expresión y poder ser más precisos y rigurosos. Sin embargo, sin observación y experimentación no es posible extraer conclusiones sobre el mundo.

A la hora de dar solución al problema del modelo ontológico con el que comprometerse (universo bloque, bloque creciente o presentismo), he evitado identificarme con ninguna de las tres propuestas, ya que el modo en el que se fundamenta un modelo temporal u otro, no me parece adecuado. Por ello, he optado por definir un criterio que pueda indicarnos qué debemos considerar real o existente. Esto lo he hecho relacionando la existencia física con la posibilidad de interacción de los sistemas; de modo que, un sistema que no puede interactuar con otros sistemas no se puede considerar existente. De este modo, considero que podemos evitar aquellos sistemas cuya existencia resulta un tanto paradójica desde un punto de vista físico, precisamente por no poder interactuar con ningún otro sistema. Así, descartaríamos sistemas pasados, futuros y entes de ficción, como existentes.

Sin embargo, esta solución nos obliga a enfrentar la crítica de los *truthmakers*. Si no reconociésemos la existencia de sistemas pasados o futuros, perderíamos la posibilidad de que cualquier proposición que no versase sobre el presente tuviese valor de verdad; ni proposiciones acerca de eventos pasados, ni acerca de eventos futuros. Sin embargo, para establecer mi posición en la cuestión, he procedido a un análisis de la práctica actual a la hora de verificar enunciados acerca del pasado, mostrando que en ningún momento poseemos un acceso privilegiado a dicho pasado como para considerar que lo necesitamos para dar un valor de verdad a nuestros enunciados. La concepción de la verdad de los defensores de la teoría de los *truthmakers* parece reposar sobre una idea excesivamente abstracta e ideal de lo que es el conocimiento de las cosas y de la verdad. Resulta que, si somos conscientes del procedimiento de la investigación científica, nos percatamos de que las hipótesis acerca del pasado se contrastan a través de evidencias que poseemos en el presente, con las que construimos un modelo del pasado. Es precisamente con este modelo con el que contrastamos nuestras hipótesis y enunciados, no con el pasado. Por lo tanto, de nuevo, diluimos el problema reconociendo que el método de contrastación con el pasado habitualmente se da en nuestras mentes utilizando un modelo del pasado, compartido socialmente a grandes rasgos. Este modelo del pasado, no estaría construido sobre la nada, sino sobre vestigios y cadenas causales que llegan a nuestros días. Por ello, podemos decir que reconstruimos una imagen del pasado con los datos que poseemos y dentro de un marco teórico y metodológico determinado.

En un marco semejante, donde la “verdad” es el resultado de un proceso de reconstrucción, esta deviene en una noción aproximada que representa la coherencia entre cierta afirmación, con los datos de los que se dispone y con el marco teórico desde el que se opera. O en el caso de las predicciones, esta noción de verdad, se convierte en una mera expresión de la probabilidad de que suceda lo predicho. En un contexto así, resulta complicado mantener la relevancia del dilema de los *truthmakers*.

Por otro lado, he enfrentado interpretaciones de la TRE que afirman que, si deseamos ser coherentes con la teoría y la imagen del mundo que esta aporta, no se puede rechazar que esta está conceptualizada en un espacio-tiempo 4D, en el que se representa toda la historia de los sistemas a modo de líneas del mundo. No obstante, he tratado de mostrar que estos argumentos no son concluyentes. En primer lugar, porque Einstein realizó la primera formulación de la TRE en un contexto 3D, en la que se daba cuenta de los efectos relativistas. En segundo lugar, porque, en principio, estos efectos también se podrían explicar a través de una teoría relacional como la que he defendido; una teoría que carece de una estructura espaciotemporal, por lo que no asume un contexto 4D en el que los objetos son su línea del mundo.

Ante la pretensión de que la TRE implique sin lugar a dudas una noción de realidad determinista y estática, he concluido que estas implicaciones están más allá de los postulados de la propia teoría y que para llegar a ellos son necesarios ciertos supuestos metafísicos que no están incluidos en la misma. He podido mostrar que, podemos interpretar la teoría como evidenciando la limitación epistemológica que supone el límite de la velocidad de las señales y de la invariancia de la velocidad de la luz. Esta restricción hace que no podamos establecer planos de simultaneidad absolutos, por lo que diferentes observadores podrán ordenar de modo diferente aquellos eventos que estén espacialmente separados de ellos. No obstante, esto no requiere que todos los eventos de la historia del universo existan en el espacio-tiempo; esto se ve claro si tenemos en cuenta que la relatividad de la simultaneidad desaparecería si hubiera algún tipo de señal que fuera instantánea.

Finalmente, he tratado de mostrar que estas teorías temporales e interpretaciones de las teorías de la relatividad son consecuencia de una versión excesivamente optimista de lo que es una teoría científica. Más aún en un tiempo en el que aquellos pensadores que defienden una interpretación realista de las teorías y aquellos que defienden una interpretación pragmatista han ido acercando posiciones. Podríamos decir que, hoy día, la idea de que las teorías científicas dibujan el mundo de un modo verdadero parece residual, más bien se tiende a nociones de verdad como aproximación, coherencia,

adecuación a las observaciones empíricas, o es abandonada. Por ello, dado el avance que se ha dado en este ámbito de la filosofía de la ciencia, no parece muy coherente eliminar características tan fundamentales de la realidad como el dinamismo por el hecho de que las teorías que poseemos en la actualidad no describen el mundo tal y como lo percibimos.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, R. (1986). Time and Thisness. In: P. French, T. Uehling and H. Wettstein (eds.), *Midwest Studies in Philosophy Vol. XI* (pp. 315-329). Minneapolis: University of Minnesota.

Agustín de Hipona (2010). *Confesiones*. Madrid: Editorial Gredos.

Albert, D. Z. (2000). *Time and Chance*. USA: Harvard University Press.

Álvarez, S. (2008). Causalidad y tiempo: el sentido de una reducción. *Teorema*, 27 (1), 29-42.

– (2009). Razones de la asimetría del tiempo. *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía*, 14, 7-22.

– (2013). Imágenes del Tiempo. En: M. Liz (ed.), *Puntos de Vista, Una Investigación Filosófica* (pp. 221-247). Barcelona: Laertes.

Ariew, R. (2000). *G. W. Leibniz and Samuel Clarke Correspondence*. Indianapolis: Hackett Publishing Company, Inc.

Aristóteles. (1994). *Metafísica*. Madrid: Editorial Gredos.

– (1995). *Física*. Madrid: Editorial Gredos.

Arntzenius, F. (2012). *Space, Time and Stuff*. New York: Oxford University Press.

Assmann, J. (2011). Las Dos Caras del Tiempo. *Investigación y Ciencia*, 415, 34-39.

Balashov, Y. and Janssen, M. (2003). Presentism and Relativity. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 54 (2), 327-346.

Barbour, J. (1982). Relational Concepts of Space and Time. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 33 (3), 251-274.

- (1996). The Emergence of Time and Its Arrow from Timelessness. In: J. J. Halliwell, J. Pérez-Mercader and W. H. Zurek (eds.), *Physical Origins of Time Asymmetry* (pp. 405-414). Cambridge: Cambridge University Press.
 - (1999). *The End of Time*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- Barbour, J. and Bertotti, B. (1977). Gravity and Inertia in a Machian Framework. *Nuovo Cimento*, 38B, 1-27.
- (1982). Mach's principle and the structure of dynamical theories. *Proceedings of the Royal Society (London)*, A 382, 295-306.
- Bardon, A. (2013). *A Brief History of the Philosophy of Time*. New York: Oxford University Press.
- Bell, J. S. (1992). George Francis FitzGerald. *Physics World*, 5, 31–35.
- Belot, G. (1999). Rehabilitating Relationalism. *International Studies in the Philosophy of Science*, 13(1), 35-52.
- (2000). Geometry and motion. *British Journal for the Philosophy of Science*, 51, 561–595.
- Berkeley, G. (1721). *The Motu and The Analyst*. Springer-Science + Business Media, B.V. (1992).
- Bigelow, J. (1988). *The Reality of Numbers: A Physicalist's Philosophy of Mathematics*. Oxford: Oxford University Press.
- (1996). Presentism and Properties. *Philosophical Perspectives*, 10, 35-52.
- Black, M. (1959). The 'direction' of time. *Analysis*, 19: 54–63.
- Boltzmann, L. (1877) On the Relation of a General Mechanical Theorem to the Second Law of Thermodynamics. In: S. G. Brush (ed.), *Kinetic Theory, Irreversible Processes* (pp. 188-193). London: Pergamon Press (1966).

- (1896). Reply to Zermelo's Remarks on the Theory of Heat. In: S. G. Brush (ed.), *Kinetic Theory, Irreversible Processes* (pp. 218-228). London: Pergamon Press (1966).
 - (1897). On Zermelo's Paper "On the Mechanical Explanation of Irreversible Processes". In: S. G. Brush (ed.), *Kinetic Theory, Irreversible Processes* (pp. 238-245). London: Pergamon Press (1966).
 - (1964). *Lectures on Gas Theory*. New York: Dover Publications INC. (Traducción en inglés de L. Boltzmann, *Vorlesungen über Gastheorie*. Leipzig: J. A. Barth, 1896-1898).
- Bourne, C. (2011). Fatalism and the Future. In: C. Callender (ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Time* (pp. 41-67). New York: Oxford University Press.
- (2006). *A Future for Presentism*. Oxford: Oxford University Press.
- Braddon-Mitchell, D. (2004). How Do We Know It Is Now Now? *Analysis*, 64 (3), 199-203.
- Bradley, F. H. (1916). *Appearance and Reality, A Metaphysical Essay*. London: George Allen & Unwin LTD.
- (1950a). *The Principles of Logic Vol. I*. London: Oxford University Press.
 - (1950b). *The Principles of Logic Vol. II*. London: Oxford University Press.
- Brans, C. & Dicke, R. H. (1961). Mach's Principle and a Relativistic Theory of Gravitation. *Physical Review*, 124 (3), 925-935.
- Broad, D. C. (1927). *Scientific Thought*. London: Kegan Paul.
- (1938). Ostensible temporality. In: R. M. Gale (ed.), *The Philosophy of Time, A Collection of Essays* (pp. 117-142). London: Macmillan (1968).
- Brown, H. R. (2005). *Physical Relativity: Space-time Structure from a Dynamical Perspective*. Oxford: Oxford University Press.

Brown, H. R. and Pooley, O. (2002). Relationalism Rehabilitated? I: Classical Mechanics. *The British Journal for The Philosophy of Science*, 53 (2), 183-204.

– (2006). Minkowski Space-Time: A Glorious Non-Entity. In: D. Dieks (ed.), *The Ontology of Spacetime* (pp. 67-89). Netherland: Elsevier.

Bunge, M. (1959). *Causality. The Place of the Causal Principle in Modern Science*. Cambridge: Harvard University Press.

– (1977). *Treatise on Basic Philosophy Vol. 3, Ontology I*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

– (1981). *Materialismo y Ciencia*. Barcelona: Editorial Ariel.

Bunge, M. y Maynez, A. G. (1976). A Relational Theory of Physical Space. *International Journal of Theoretical Physics*, 15, 961-972.

Campbell, K. (1994). Selective Realism in the Philosophy of Physics. *The Monist*, 77 (1), 27-46.

Callender, C. (1997). What is “The Problem of the Direction of Time”? *Philosophy of Science*, 64 (Supplement), S223-S234.

– (2000). Shedding Light on Time. *Philosophy of Science*, 67 (Supplement), S587-S599.

– (2004). There is No Puzzle About the Low Entropy Past. In: C. Hitchcock (ed.), *Contemporary Debates in the Philosophy of Science* (pp. 240-256). UK: Blackwell.

– (2008). Finding “real” time in quantum mechanics. In: W. L. Craig and Q. Smith (eds.), *Einstein, Relativity and Absolute Simultaneity* (pp. 50-72). New York: Routledge.

– (2010). Is Time an Illusion? The concepts of time and change may emerge from a universe that, at root, is utterly static. *Scientific American*, 302, 6, pp. 40-47.

- (2011). Thermodynamic Asymmetry in Time. In: E. N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2011/entries/time-thermo>.
 - (2012). Time's Ontic Voltage. In: A. Bardon (ed.), *The Future of the Philosophy of Time* (pp. 73-98). New York: Routledge.
 - (2017). *What Makes Time Special?* Oxford: Oxford University Press.
- Carey, S. (2009). *The Origin of Concepts*. New York: Oxford University Press.
- Carnap, R. (1966). *Philosophical Foundations of Physics*. New York: Basic Books Inc.
- Carroll, S. (2010). *From Eternity to Here*. New York: Dutton.
- Cartwright, N. (1983). *How the Laws of Physics Lie*. New York: Claredon Press.
- Casati, R. y Varzi, A. (2014). Events. In: E. N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2014/entries/events/>.
- Castañeda, H. N. (1967). Indicators and Quasi-Indicators. *American Philosophical Quarterly*, 4 (2), 85-100.
- Cepa, J. (2007). *Cosmología Física*. Madrid: Akal.
- Chisholm, R. M. (1990). Events Without Times: An Essay on Ontology. *Noûs*, 24 (3), 413-427.
- Cohen, Y. (2016). Why Presentism Cannot Be Refuted by Special Relativity. In: Y. Dolev and M. Roubach (ed.), *Cosmological and Psychological Time* (pp. 41-51). Dordrecht: Springer.
- Correa, A. et al. (2006). La Percepción del Tiempo: Una Revisión Desde la Neurociencia Cognitiva. *Cognitiva*, 18 (2), 145-168.
- Coveney, P. y Highfield, R. (1992). *La Flecha del Tiempo*. Barcelona: Plaza & Janes.

Craig, W. L. (1996). The New B-Theory's Tu Quoque Argument. *Synthese*, 107, 249-269.

– (2000). *The Tensed Theory of Time: A Critical Examination*. Dordrecht: Kluwer Academic.

Crisp, T. M. (2007). Presentism and the grounding objection. *Nous*, 41 (1), 118–137.

Dainton, B. (2010). *Time and Space*. Durham: Acumen.

– (2011). Time, Passage, And Immediate Experience. In: C. Callender (ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Time* (pp. 382-419). New York: Oxford University Press.

Davies, P. (2006). That Mysterious Flow. *Scientific American Special Editions*, 16 (1), 6-11.

Deasy, D. (2015). The Moving Spotlight Theory. *Philosophical Studies*, 172 (8), 2073-2089.

Descartes, R. (1644). *Los Principios de la Filosofía*. Barcelona: Pérez Galdós, (2002).

Diéguez, A. (1994). La Disputa Sobre el Realismo en la Historia de la Astronomía. *Philosophia Malacitana*, 7, 33-49.

Dieks, D. (1988). Special Relativity and the Flow of Time. *Philosophy of Science*, 55 (3), 456-460.

– (1991). Time in Special Relativity and its Philosophical Significance. *European Journal of Physics*, 12, 253-259.

– (2001). Space-Time Relationism in Newtonian and Relativistic Physics. *International Studies in the Philosophy of Science*, 15 (1), 5-17.

– (2006). Becoming, Relativity and Locality. In: D. Dieks (ed.), *The Ontology of Spacetime* (pp. 157-176). Netherland: Elsevier.

– (2010). The Adolescence of Relativity: Einstein, Minkowski, and the Philosophy of Space and Time. In: V. Petkov (ed.), *Minkowski Spacetime, A Hundred Years Later* (pp. 225-245). Dordrecht: Springer.

Dorato, M. (1995). *Time and Reality: Spacetime Physics and the Objectivity of Temporal Becoming*. Bologna: Clueb.

– (2006). The irrelevance of the presentist/eternalist debate for the ontology of Minkowski spacetime. In: D. Dieks (ed.), *Philosophy and Foundations of Physics Vol. 1: The Ontology of Spacetime* (pp. 93-109). Amsterdam: Elsevier.

Dummett, M. (1960). A Defense of McTaggart's Proof of the Unreality of Time. *The Philosophical Review*, 69 (4), pp. 497-504.

– (1978). *Truth and Other Enigmas*. Cambridge: Harvard University Press.

Dummett, M. and Flew, A. (1954) Symposium: "Can An Effect Precede Its Cause?" *Aristotelian Society Supplementary*, 28 (1), 27–62.

Dyke, H. (2002). McTaggart and the Truth About Time. In: C. Callender (ed.), *Time, Reality and Experience* (pp. 137-152). Cambridge: Cambridge University Press.

– (2003). Temporal Language and Temporal Reality. *The Philosophical Quarterly*, 53 (212), pp. 380-391.

– (2013). Time and Tense. In: H. Dyke and A. Bardon (eds.), *A Companion to the Philosophy of Time* (pp. 328-344). West Sussex: Wiley-Blackwell.

Earman, J. (1970). Who's afraid of absolute space? *Australasian Journal of Philosophy*, 48(3), 287–319.

– (1974). An Attempt to Add a Little Direction to "The Problem of the Direction of Time". *Philosophy of Science*, 41, 15-47.

– (1989). *World Enough and Space-Time*. Massachusetts: The MIT Press.

- (2006). The Past Hypothesis: Not Even False. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 37, 399–430.
- Eddington, A. S. (1953). *Space, Time and Gravitation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eichler, J. (2005). Electron–positron pair production in relativistic ion–atom collisions. *Physics Letters A*, 347 (1-3), 67–72.
- Einstein, A. (1905). Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento. *Teorema*, XXIV/2 (2005), 91-96.
- (1916). *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*. Madrid: Alianza Editorial (2008).
- (1921). *Geometrie und Erfahrung*. Berlin: Springer.
- (1924). Über den Äther, *Schweizerische naturforschende Gesellschaft, Verhandlungen*, 105: 85-93. (Traducción al inglés en: Saunders, S. W. & Brown, H. R., 1991: 13-20).
- (1982). *Ideas and opinions*. New York: Crown Publishers, Inc.
- Eliade, M. (1959). *Cosmos and History: The Myth of the Eternal Return*. New York: Harper Torchbooks.
- (1999). *Historia de las Creencias y las Ideas Religiosas Vol. I*. Barcelona: Paidós.
- Ellis, G. F. R. (2007). Physics in the Real Universe: Time and Space-Time. In: V. Petkov (ed.), *Relativity and the Dimensionality of the World* (pp. 49-79). Dordrecht: Springer.
- Everett, D. L. (2005) Cultural Constraints on Grammar and Cognition in Pirahã. *Current Anthropology*, 46 (4), 621-634.
- Faye, J. (1989). *The Reality of the Future: An Essay on Time, Causation and Backward Causation*. Odense University Press.
- Fernández, C. (1974). *Los Filósofos Antiguos. Selección de Textos*. Madrid: BAC.

- Ferrater, J. (2004). *Diccionario de Filosofía*. Barcelona: Ariel.
- FitzGerald, G. F. (1889). The Ether and the Earth's Atmosphere. *Science*, 13 (328), 390.
- Forbes, G. (1993). Time, Events, and Modality. In: R. Le Poidevin and M. Macbeath (eds.), *The Philosophy of Time* (pp. 80-95). Oxford: Oxford University Press.
- Forrest, P. (2004). The Real but Dead Past: A Reply to Braddon-Mitchell. *Analysis*, 64 (4), pp. 358-362.
- Frank, P. (1976). Is the Future Already Here? In: M. Capek (ed.), *The Concepts of Space and Time* (pp. 387-396). Dordrecht: Springer.
- Gale, R. M. (1962). Tensed Statements. *Philosophical Quarterly*, 12(46), 53-59.
- (1968a). *The Philosophy of Time, A collection of Essays*. London: Macmillan Press.
 - (1968b). *The Language of Time*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Galilei, G. (1623). *El Ensayador*. Buenos Aires: Aguilar (1981).
- (1638). *Consideraciones y Demostraciones Matemáticas Sobre Dos Nuevas Ciencias*. Madrid: Editora Nacional (1976).
- Gelman, S. (2003). *The Essential Child*. New York: Oxford University Press.
- Geroch, R. (1978). *General Relativity from A to B*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Goldstein, L. J. (1976). *Historical Knowing*. Austin: University of Texas Press.
- Goodman, N. (1951). *The Structure of Appearance*. Cambridge: Harvard University Press.
- Greene, B. (2010). *El Tejido del Cosmos*. Barcelona: Drakontos.

Grünbaum, A. (1963). *Philosophical Problems of Space and Time*. New York: Alfred A. Knopf.

– (1976). The Exclusion of Becoming from the Physical World. In: M. Capek (ed.), *The Concepts of Space and Time* (pp. 471-500). Dordrecht: Springer Science + Business Media.

Habermas, J. (1988). *La Lógica de las Ciencias Sociales*. Madrid: Tecnos.

– (1999). *Teoría de la Acción Comunicativa*. Madrid: Taurus.

Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.

Harré, R. (1986). *Varieties of Realism: A Rationale for Natural Sciences*. Oxford: Basil Blackwell.

Hatewood, C. (2005). The Real Price of the Dead Past: a reply to Forrest and to Braddon-Mitchell. *Analysis*, 65 (3), 249-251.

Hautamäki, A. (2015). Change, Event, and Temporal Points of View. In: M. Vázquez and A. M. Liz (eds.), *Temporal Points of View* (pp. 197-222). Springer: Dordrecht.

Hawking, S. (1988). *A Brief History of Time*. New York: Bantam.

Hempel, C. G. (1974). La Geometría y la Ciencia Empírica. En: J. R. Newman (ed.), *Matemática, Verdad, Realidad* (pp. 33-48). Barcelona: Grijalbo.

– (2006). *Filosofía de la Ciencia Natural*. Madrid: Alianza Editorial.

Hinchliff, M. (1996). The Puzzle of Change. *Philosophical Perspectives*, 10, 119-136.

– (2000). A Defense of Presentism in a Relativistic Setting. *Philosophy of Science*, 67, S575-S586.

Hooker, C. A. (1971). Relational Doctrines of Space and Time. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 22, 97-130.

- Horwich, P. (1992). *Asymmetries in Time*. Cambridge: The MIT Press.
- Hubbell, J. H. (2006). Electron–positron pair production by photons: A historical overview. *Radiation Physics and Chemistry*, 75(6), 614–623.
- Huggett, N. (1999). *Space from Zeno to Einstein*. London: The MIT Press.
- Hume, D. (1740). *Tratado de la Naturaleza Humana*. Madrid: Técno (2008).
- Huygens, C. (1929). *Oeuvres Complètes Vol. XVI*. Amsterdam: Société Hollandaise des Sciences.
- (1944). *Oeuvres Complètes Vol. XXI*. La Haye: Société Hollandaise des Sciences.
- James, W. (1909). *A Pluralistic Universe*. New York: Longmans, Green, and Co. (1920).
- Jones, L. (ed.) (2005a). *Encyclopedia of Religion*, Vol. 4. USA: Thomson Gale.
- (2005b). *Encyclopedia of Religion*, Vol. 14. USA: Thomson Gale.
- Jánossy, L. (1971). *Theory of Relativity based on Physical Reality*. Budapest: Akadémie Kiadó.
- Kant, I. (1755). *Historia Natural y Teoría General del Cielo*. Buenos Aires: Lautaro (1946).
- (1786). *Metaphysical Foundations of Natural Science*. Cambridge: Cambridge University Press (2004).
- (1787) *Crítica de la Razón Pura*. Madrid: Taurus (2016).
- Keller, S. (2010). Presentism and Truthmaking. In: L. N. Oaklander and E. Magalhães (eds.), *Presentism: Essential Readings* (pp. 259-276). Plymouth: Lexington Books.
- Kennison, S. (2013). *Introduction to language development*. Los Angeles: Sage.
- Kim, J. (1993). *Supervenience and Mind*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kitcher, P. (1993). *The Advancement of Science*. Oxford: Oxford University Press.

Koyré, A. (1957). *From the Closed World to the Infinite Universe*. Baltimore: The Johns Hopkins Press.

Kripke, S. A. (2013). *Reference and Existence: The John Locke Lectures*. Oxford: Oxford University Press.

Lacey, H. Y., Anderson, E. (1980). Spatial Ontology and Spatial Modalities. *Philosophical Studies*, 38, 261-285.

Laudan, L. (1981). A Confutation of Convergent Realism. *Philosophy of Science*, 48, 19-48.

Le Poidevin, R. (1991). *Time, Cause and Contradiction: A Defense of the Tenseless Theory of Time*. Basingstoke: Macmillan.

– (2002). Zeno's Arrow and the Significance of the Present. In: C. Callender (ed.), *Time, Reality and Experience* (pp. 57-72). Cambridge: Cambridge University Press.

– (2003). *Travels in Four Dimensions: The Enigmas of Space and Time*. Oxford: Oxford University Press.

Lear, J. (1988). *Aristotle: The Desire to Understand*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lebowitz, J. (1994). Time's Arrow and Boltzmann's Entropy. In: J. J. Halliwell et al. (eds.), *Physical Origins of Time Asymmetry* (pp. 131–146). Cambridge: Cambridge University Press.

Leibniz, G. W. (1982). *Escritos filosóficos*. Buenos Aires: Editorial Charcas.

Leng, M. (2010). *Mathematics and Reality*. Oxford: Oxford University Press.

Lewis, D. (1992). Critical Notice of Armstrong, D. M., A Combinational Theory of Possibility. *Australian Journal of Philosophy*, 70 (2), 211-224.

- Liz, A. M. y Vázquez, M. (2015). Temporal Aspects of Points of View. In: M. Vázquez and A. M. Liz (eds.), *Temporal Points of View* (pp. 105-142). Springer: Dordrecht.
- Lombard, L. B. (1999). On the alleged incompatibility of presentism and temporal parts. *Philosophia*, 27, 253-260.
- Lorentz, H. (1892). De Relatieve Beweging van de aarde en den aether. *Zittingsverlag Akad. v. Wet.*, 1, 74.
- Loschmidt, J. (1876). Über den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines Systems von Körpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft. *Sitzungsberichte Akad. Wiss.*, part II, 75, 67-73.
- Ludlow, P. (1999). *Semantics, Tense, and Time: an essay in the metaphysics of natural language*. USA: The MIT Press.
- Lynds, P. (2003a). Time and Classical and Quantum Mechanics: Indeterminacy vs. Discontinuity. *Foundations of Physics Letters*, 16(4), 343–355.
- (2003b). Zeno’s Paradoxes: A Timely Solution. URL: <http://philsci-archive.pitt.edu/archive/00001197>
- (2003c). Subjective Perception of Time and a Progressive Present Moment: The Neurobiological Key to Unlocking Consciousness. URL: <http://philsci-archive.pitt.edu/1360/>
- McCullagh, C. B. (1998). *The Truth of History*. London: Routledge.
- (2004). *The Logic of History, Putting Postmodernism in Perspective*. London: Routledge.
- Mackie, J. L. (1980). *The Cement of the Universe*. Oxford: Oxford University Press.
- Mach, E. (1912). *Desarrollo Histórico Crítico de la Mecánica*. Buenos Aires: Espasa Calpe, (1949).
- Maddy, P. (1990). *Realism in Mathematics*. Oxford: Clarendon Press.

Manders, K. (1982). On the Space-Time Ontology of Physical Theories. *Philosophy of Science*, 49, 575-590.

Markosian, N. (2004). A Defense of Presentism. In: D. Zimmerman (ed.), *Oxford Studies in Metaphysics vol. I* (pp. 47-82). Oxford: Oxford University Press.

Marshack, A. (1972). *The Roots of Civilization: The Cognitive Beginning of Man's First Art, Symbol and Notation*. New York: McGraw-Hill.

Maudlin, T. (2002). Remarks on the Passing of Time. *Proceedings of the Aristotelian Society*, 102, 259-274.

– (2017). A Rate of Passage. *Manuscrito – Rev. Int. Fil. Campinas*, 40 (1), 75-79

Maxwell, N. (2006). Special Relativity, Time, Probabilism and Ultimate Reality. In: D. Dieks (ed.), *The Ontology of Spacetime* (pp. 229-245). Amsterdam: Elsevier.

McCarthy, D., Seidelmann, K. (2009). *Time: From Earth Rotation to Atomic Physics*. Weinheim: Wiley-VCH.

McTaggart, J. (1908). The Unreality of Time. *Mind*, 17, 457-474.

– (1927). *The Nature of Existence Vol. II*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mellor, D. H. (1981). *Real Time*. Cambridge: Cambridge University Press.

– (1988). On Raising the Chances of Effects. In: J. H. Fetzer (ed.), *Probability and Causality* (pp. 229-239). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

– (1991). Causation and the Direction of Time. *Erkenntnis*, 35, 191-203.

– (1998). *Real Time II*. London: Routledge.

Mermin, N. D. (2009a). What's Bad about This Habit. *Physics Today*, 62, 8–9.

– (2009b). *It's about time: understanding Einstein's relativity*. Princeton: Princeton University Press.

Merricks, T. (1999). Persistence, Parts, and Presentism, *Noûs*, 33, 421–438.

– (2006). Goodbye Growing Block. In: D. Zimmerman (ed.), *Oxford Studies in Metaphysics vol. II* (pp. 103-110). New York: Oxford University Press.

– (2007). *Truth and Ontology*. Oxford: Oxford University Press.

Meyer, U. (2013). *The Nature of Time*. Oxford: Clarendon Press.

– (2005). The presentist's dilemma. *Philosophical Studies*, 122, 213-225.

Michelson, A. y Morley, E. (1887). On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether. *The American Journal of Science*, 203 (34), 333-345.

Miller, K. (2013). Presentism, Eternalism, and the Growing Block. In: A. Bardon and H. Dyke (eds.), *A Companion to the Philosophy of Time* (pp. 345-364). Chichester: Wiley-Blackwell.

Minkowski, H. (1908). Space and Time. In: V. Petkov (ed.), *Space and Time, Minkowski's Papers on Relativity* (pp. 39-54). Montreal: Minkowski Institute Press (2012).

Mosterín, J. (2013a). *La Hélade*. Madrid: Alianza editorial.

– (2013b). *Ciencia, filosofía y racionalidad*. Barcelona: Gedisa editorial.

Mozersky, J. (2000). Tense and temporal semantics. *Synthese*, 124, 257–259.

– (2001) Smith on times and tokens. *Synthese*, 129, 405–411.

Mumford, L. (1992). *Técnica y Civilización*. Madrid: Alianza Universidad.

Muñoz Molina, A. (2001). *Sefarad*. Barcelona: Círculo de Lectores.

Nagel, E. (1961). *La Estructura de la Ciencia*. Barcelona: Paidós (2006).

Nelson, M. (2012). Existence. In: E. N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL:

<https://plato.stanford.edu/entries/existence/#FreRusExiNotProInd>

Newton, I. (1687). *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Madrid: Técnos (1987).

Niiniluoto, I. (1987). *Truthlikeness*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

Nilsson, M. (1920). *Primitive Time-Reckoning*. London: Lund.

Nisbet, R. (1979). The Idea of Progress. *Literature of Liberty*, 2 (1), 14-41.

Oakeshott, M. (1933). *Experience and Its Modes*. Cambridge: Cambridge University Press.

Oaklander, N. (1983). McTaggart, Schlesinger, and the two-dimensional time hypothesis. *The Philosophical Quarterly*, 33, 391-397.

– (1984) *Temporal relations and temporal becoming*. Lanham: University Press of America.

– (2004) *The ontology of time*. Amherst: Prometheus Books.

Ohaian, H. C. (2007). Physics in the Real Universe: Time and Space-Time. In: V. Petkov (ed.), *Relativity and the Dimensionality of the World* (pp. 81-100). Dordrecht: Springer.

Olson, E. (2008). The Rate of Time's Passage. *Analysis*, 69 (1), 3-9.

Orilia, F. & Oaklander, N. (2015). Do We Really Need a New B-Theory of Time? *Topoi*, 34(1), pp. 157-170.

Papalia, D., Wendkos, S. & Duskin, R. (2001). *Psicología del Desarrollo*. Colombia: Mc Graw Hill.

Parménides. (1974). Un poema "sobre el ser". En: C. Fernández (ed.), *Los Filósofos Antiguos, Selección de Textos* (pp. 26-29). Madrid: La Editorial Católica.

Pauli, W. (1981). *Theory of Relativity*. Dover: Pergamon Press.

Pearl, J. (2000). *Causality*. Cambridge: Cambridge University Press.

Penrose, R. (1996). *La mente nueva del emperador*. México: Fondo de Cultura Económica.

– (2006). *El Camino a la Realidad*. Madrid: Debate.

Perry, J. (1979). The Problem of the Essential Indexical. *Noûs*, 13 (1), 3-21.

Peterson, D. and Silverstein, M. (2010). Relativity of Simultaneity and Eternalism: In Defense of the Block Universe. In: V. Petkov (ed.), *Space, Time and Spacetime* (pp. 209-237). Dordrecht: Springer.

Petkov, V. (2005). *Relativity and the Nature of Spacetime*. Berlin: Springer-Verlag.

– (2006). Is There an Alternative to the Block Universe View? In: D. Dieks (ed.), *The Ontology of Spacetime* (pp. 207-228). Amsterdam: Elsevier.

– (2007). On the Reality of Minkowski Space. *Foundations of Physics*, 37 (10), 1499-1502.

Platón. (1988). Fedón. En: Platón, *Diálogos III* (pp. 7-142). Madrid: Editorial Gredos.

– (1988). Fedro. En: Platón, *Diálogos III* (pp. 289-413). Madrid: Editorial Gredos.

– (1988). República. En: Platón, *Diálogos IV*. Madrid: Editorial Gredos.

– (1988). Teeteto. En: Platón, *Diálogos V* (pp. 137-317). Madrid: Editorial Gredos.

– (1992) Timeo. En: Platón, *Diálogos VI*. Madrid: Editorial Gredos.

Poincaré, H. (1890). On the Three-body Problem and the Equations of Dynamics. In: S. G. Brush (ed.), *Kinetic Theory, Irreversible Processes* (pp. 194-202). London: Pergamon Press (1966).

– (1893). Mechanism and Experience. In: S. G. Brush (ed.), *Kinetic Theory, Irreversible Processes* (pp. 203-207). London: Pergamon Press (1966).

– (1905). *Science and Hypothesis*. New York: The Walter Scott Publishing Co., Ltd.

– (1913). *The Foundations of Science*. New York: The Science Press.

Ponte, M. (2005). *Realismo y Entidades Abstractas. Los Problemas del Conocimiento en Matemáticas* (Tesis doctoral). Universidad de La Laguna: La Laguna.

Pooley, O. (2001). Relationalism Rehabilitated? II: Relativity. [Preprint] URL: <http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/221> (accessed 2015-11-18).

– (2013). Substantivalist and Relationalist Approaches to Spacetime. In: R. Batterman (ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Physics* (pp. 522-586). New York: Oxford University Press.

Popper, K. (1962). *La Lógica de la Investigación Científica*. Madrid: Tecnos, (1980).

Price, H. (1995). Cosmology, time's arrow, and that old double standard. In: S. F. Savitt (ed.), *Time's Arrows Today* (pp. 66-94). Cambridge: Cambridge University Press.

– (1996). *Time's Arrow and Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time*. Oxford and New York: Oxford University Press.

– (2002). Boltzmann's Time Bomb. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 53 (1), 83-119.

– (2011). The Flow of Time. In: C. Callender (ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Time* (pp. 276-311). New York: Oxford University Press.

- Prior, A. (1968). *Papers on Time and Tense*. Oxford: Oxford University Press.
- Psillos, S. (1999). *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*. London: Routledge.
- Putnam, H. (1967). Time and Physical Geometry. *Journal of Philosophy*, 64, 240-247.
- (1978). *Meaning and the Moral Sciences*. London: Routledge.
- Quine, W. V. (1960). *Word and Object*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Raven, J. (2011). Can Time Pass at the Rate of 1 Second per Second? *Australasian Journal of Philosophy*, 89 (3), 459-465.
- Rea, M. C. (2003). Four-Dimensionalism. In: M. J. Loux and D. Zimmerman (eds.), *The Oxford Handbook of Metaphysics* (pp. 246-280). Oxford: Oxford University Press.
- Reale, G. y Antiseri, D. (2004). *Historia del Pensamiento Filosófico y Científico I*. España: Herder.
- Redondi, P. (2010). *Historias del Tiempo*. Madrid: Editorial Gredos.
- Reichenbach, H. (1924). *Axiomatization of the Theory of Relativity*. Traducción inglesa en Berkeley y Los Angeles: University of California Press (1969).
- (1928). *The Philosophy of Space and Time*. Traducción inglesa en New York: Dover Publications, INC (1958).
- (1956). *The Direction of Time*. Los Angeles, London: M. Reichenbach and University of California Press (1971).
- (1978). *Selected Writings 1909-1953 Vol. II*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Rietdijk, C. (1966). A Rigorous Proof of Determinism Derived from the Special Theory of Relativity, *Philosophy of Science*, 33 (4), 341-344.

Ross, C. (2015). *The Moving Spotlight: An Essay on Time and Ontology*. Oxford: Oxford University Press.

Roth, P. A. (1991). Truth in interpretation: The Case of Psychoanalysis. *Philosophy of the Social Sciences*, 21 (2), 175-195.

Rovelli, C. (2006). The Disappearance of Space and Time. In: D. Dieks (ed.), *The Ontology of Spacetime* (pp. 25-36). Netherland: Elsevier.

Russell, B. (1903). *Principles of Mathematics*. London: Routledge (2010).

– (1915). On the Experience of Time. *The Monist*, 25 (2), 212-233.

– (1919). The Philosophy of Logical Atomism. *The Monist*, 29 (3), 345-380.

Saunders, S. W., & Brown, H. R. (1991). *The philosophy of vacuum*. Oxford: Oxford University Press.

– (2002). How relativity contradicts presentism. In: C. Callender (ed.), *Time, reality and experience* (pp. 277-292). Cambridge: Cambridge University Press.

Savitt, S. F. (1996). The Direction of Time. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 47(3), 347-370.

– (2000). There's No Time like the Present (In Minkowski Spacetime). *Philosophy of Science*, 67, S563-S574.

– (2001). A Limited Defense of Passage. *American Philosophical Quarterly*, 38(3), 261-270.

– (2002). On Absolute Becoming and the Myth of Passage. In: C. Callender (ed.), *Time, Reality and Experience* (pp. 153-167). Cambridge: Cambridge University Press.

– (2009). The Transient nows. In: W. C. Myrvold and J. Christian (eds.), *Quantum Reality, Relativistic Causality, and Closing the Epistemic Circle* (pp. 349-362). Springer.

– (2011). How Fast Time Passes. [Preprint] URL: <http://philsci-archive.pitt.edu/id/eprint/8737> (accessed 2018-01-02).

Schlesinger, G. (1980). *Aspects of Time*. Indianapolis: Hackett Publishing Company.

– (1994). *Timely Topics*. London: The Macmillan Press.

Scholz, O. R. (2014). Philosophy of History: Metaphysics and Epistemology. In: M. I. Kaiser, O. R. Scholz, D. Plenge and A. Hüttemann (eds.), *Explanation in the Special Sciences, The Case of Biology and History* (pp. 245-254). Dordrecht: Springer.

Shoemaker, S. (1993). Time Without Change. In: R. Le Poidevin and M. MacBeath (eds.), *The Philosophy of Time* (pp. 63-79). Oxford: Oxford University Press.

SI Brochure: The International System of Units. (2014). Consultado el 1 de junio de 2017, página web de Bureau International des Poids et des Mesures: <http://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/second.html>

Sider, T. (2001). *Four-Dimensionalism: An Ontology of Persistence and Time*. Oxford: Oxford University Press.

Silverstein, M., Stuckey, W. M. and McDevitt, T. (2018). *Beyond the Dynamical Universe*. Oxford: Oxford University Press.

Sklar, L. (1974). *Space, Time and Spacetime*. Berkeley: University of California Press.

– (1985). *Philosophy and Spacetime Physics*. Berkeley: University of California Press.

– (1993). *Physics and Chance: Philosophical Issues in the Foundations of Statistical Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press.

– (1994). *Filosofía de la Física*. Madrid: Alianza Universidad.

- (1995a). The Elusive Object of Desire: In Pursuit of the Kinetic Equations and the Second Law. In: S. F. Savitt (ed.), *Time's Arrows Today* (pp. 191-216). Cambridge: Cambridge University Press.
 - (1995b). Time in Experience and in Theoretical Description of the World. In: S. F. Savitt (ed.), *Time's Arrows Today* (pp. 217-229). Cambridge: Cambridge University Press.
 - (2009). Philosophy of Statistical Mechanics. In: E. N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, URL: <https://plato.stanford.edu/entries/statphys-statmech/>
- Smart, J. J. C. (1949). The river of time. *Mind*, 58: 483–94.
- (1963). *Philosophy and Scientific Realism*. London: Routledge & Kegan Paul.
 - (1967). Time. *Encyclopedia of Philosophy*, Vol. 8. New York: MacMillan.
 - (1968). Spatialising Time. In: R. Gale (ed.), *The Philosophy of Time, A Collection of Essays* (pp. 163-167). London: MacMillan Press ltd.
 - (1980). Time and Becoming. In: P. Van Inwagen (ed.), *Time and Cause, Essays Presented to Richard Taylor* (pp. 3-15). Dordrecht: Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Smith, Q. (1993). *Language and Time*. Oxford: Oxford University Press.
- (2002). Time and Degrees of Existence: A Theory of 'Degree Presentism'. In: C. Callender (ed.), *Time, Reality and Experience* (pp. 119-136). Cambridge: Cambridge University Press.
- Smolin, L. (2013). *Time Reborn, From the Crisis in Physics to the Future of the Universe*. New York: Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company.
- Smythies, J. (2003). Space, Time and Consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 10, No. 3, 47-56.

- Sousa, D. (2011). *How the brain learns*. Thousand Oaks: Corwin Press.
- Stein, H. (1968). On Einstein-Minkowski Space-Time. *The Journal of Philosophy*, 65 (1), 5-23.
- (1970). Newtonian space-time. In: R. Palter (ed.), *The Annus Mirabilis of Sir Isaac Newton 1666–1966* (pp. 258-284). Cambridge, Mass.: The M.I.T. Press.
 - (1977). Some Pre-History of General Relativity. In: J. Earman, C. Glymour, and J. Stachel (eds.), *Foundations of Space-Time Theories* (pp. 3-48). Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol. 8. Minneapolis: University of Minnesota Press.
 - (1991). On Relativity Theory and Openness of the Future. *Philosophy of Science*, 58(2), 147-167.
- Sullivan, M. (2012). The Minimal A-Theory. *Philosophical Studies*, 158, 149-174.
- Suppes, P. (1970). *A Probabilistic Theory of Causality*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- (1971). Some Open Problems in the Philosophy of Space and Time. *Synthese*, 24, 298-316.
- Swinburne, R. (1990). Tensed Facts. *American Philosophical Quarterly*, 66, 1-26.
- Tallant, J. (2009). Presentism and Truth-making. *Erkenntnis*, 71, 407–416.
- (2013). Time. *Analysis Reviews*, 73 (2), 369-379.
 - (2014). Defining Existence Presentism. *Erkenntnis*, 79, 479–501.
 - (2016). Temporal Passage and the ‘No Alternate Possibilities’ Argument. *Manuscripto – Rev. Int. Fil. Campinas*, 39 (4), 35- 47.
- Teller, P. (1991). Substance, relations, and arguments about the nature of space-time. *The Philosophical Review*, 100(3), 363-397.

Thomas, K. (1991). *Religion And The Decline Of Magic*. London: Penguin Books.

Tipler, P. A., Mosca, G. (2010a). *Física para la ciencia y la tecnología. Vol. 1*. Barcelona: Editorial Reverté.

– (2010b). *Física para la ciencia y la tecnología: Física moderna, mecánica cuántica, relatividad y estructura de la materia*. Barcelona: Editorial Reverté.

Tooley, M. (1997). *Time, Tense, and Causation*. Oxford: Clarendon Press.

– (2008). A defense of absolute simultaneity. In: W. L. Craig and Q. Smith (eds.), *Einstein, Relativity and Absolute Simultaneity* (pp. 229-243). London: Routledge.

Toulmin, S. y Goodfield, J. (1990). *El Descubrimiento del Tiempo*. Barcelona: Ediciones Paidós.

van Fraassen, B. (1978). *Introducción a la Filosofía del Tiempo y del Espacio*. Barcelona: Editorial Labor.

– (1980). *The Scientific Image*. Oxford: Clarendon Press.

Van Inwagen, P. (2003). Existence, Ontological Commitment, and Fictional Entities. In: M. Loux and D. Zimmerman (eds.), *The Oxford Handbook of Metaphysics* (pp. 131-157). Oxford: Oxford University Press.

Vázquez, M. and Liz, A. M. (2015). *Temporal Points of View*. Springer: Dordrecht.

Wallisch, P. (2008). Cronopsicología. *Mente y Cerebro*, 30, 62-67.

Wesson, P. S. (2010). Time as an Illusion. In: V. Petkov (ed.), *Minkowski Spacetime: A Hundred Years Later* (pp. 307-317). Dordrecht: Springer.

Wettstein, H. K. (1979). Indexical Reference and Propositional Content. *Philosophical Studies*, 36 (1), 91–100.

Weyl, H. (1922). *Space, Time, Matter*. USA: Dover Publications Inc.

– (1949). *The Philosophy of Mathematics and Natural Science*. Princeton: Princeton University Press.

Whitrow, G. J. (1961). *The Natural Philosophy of Time*. London: Thomas Nelson And Sons Ltd.

– (1990). *El Tiempo en la Historia*. Barcelona: Editorial Crítica.

– (2010). *What is Time? The classic account of the nature of time*. Oxford: Oxford University Press.

Williams, D. C. (1951). The Myth of Passage. *The Journal of Philosophy*, 48 (15), pp. 457-472.

– (1966). *Principles of Empirical Realism*. Springfield: Charles C. Thomas.

Wilson, J. D., Buffa, A. J. and Lou, B. (2010). *College Physics*. San Francisco: Addison-Wesley.

Wittgenstein, L. (1960). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Madrid: Tecnos (2007).

Wüthrich, C. (2012). Demarcating Presentism. In: H. W. de Regt, S. Hartmann, and S. Okasha (eds.), *EPSA Philosophy of Science: Amsterdam 2009* (pp. 441-450). Dordrecht: Springer.

Zermelo, E. (1896a). On a Theorem of Dynamics and the Mechanical Theory of Heat. In: S. G. Brush (ed.), *Kinetic Theory, Irreversible Processes* (pp. 208-217). London: Pergamon Press (1966).

– (1896b). On the Mechanical Explanation of Irreversible Processes. In: S. G. Brush (ed.), *Kinetic Theory, Irreversible Processes* (pp. 229-237). London: Pergamon Press (1966).

Zimmerman, D. (1998). Temporary Intrinsic and Presentism. In: P. van Inwagen and D. W. Zimmerman (eds.), *Metaphysics: The Big Questions* (pp. 206-219). Oxford: Blackwell.

– (2008). The Privileged Present: Defending an ‘A-Theory’ of Time. In: T. Sider, J. Hawthorne, and D. Zimmerman (eds.), *Contemporary Debates in Metaphysics* (pp. 211-225). Malden: Blackwell.

– (2011). Presentism and Space-Time Manifold. In: C. Callender (ed.), *The Oxford Handbook of Philosophy of Time* (pp. 163-244). Oxford: Oxford University Press.

Zinkernagel, H. (2008). Did Time Have a Beginning? *International Studies in the Philosophy of Science*, 22, 3, pp. 237-258.