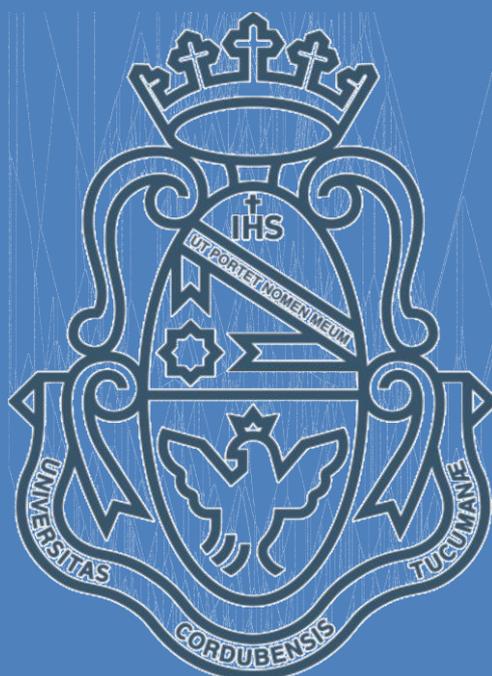


EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XVI JORNADAS

VOLUMEN 12 (2006)

José Ahumada
Marzio Pantalone
Víctor Rodríguez
Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



¿Viajes a través del tiempo?

Cecilia Bejarano*

¿Qué es el tiempo? Si nadie me lo pregunta,
entiendo perfectamente lo que es el tiempo.
Pero si quiero explicarlo, me resulta imposible.

Agustín de Hipona.

1.- Introducción al problema

El avance actual en la investigación de ciertas “peculiaridades” físicas tales como los agujeros de gusano vuelve a poner sobre la mesa viejos problemas que habrían quedado relegados a la ciencia ficción. No pretendemos en este trabajo dar soluciones, sino dejar planteadas ciertas cuestiones que nos parecen relevantes y que merecen una investigación más profunda en el futuro: ¿cuáles son las posibilidades y las consecuencias que los agujeros de gusano brindan a la física y a la filosofía? Un recuento rápido de la historia del tiempo en el discurso filosófico occidental deja a la vista una multitud de problemas y cuestiones: ya sea concebido como una recta o un círculo cuyas parametrizaciones están dadas por un número real, ya sea una entidad real o, más bien, una abstracción psicológica.

No obstante la discusión enardecida que parece caracterizar este tópico, pueden marcarse dos cuestiones -sorprendentes precisamente por su persistencia y regularidad- en los diversos enfoques de los cuales es objeto el tiempo: su relevancia para el ser humano y la relación inescindible que mantienen la ciencia y la filosofía ante esta problemática. La cuestión del tiempo es uno de los lugares clásicos de encuentro de ambas disciplinas, desde la separación violenta operada por Platón entre devenir y *episteme* hasta las polémicas suscitadas por Prigogine en el campo de la filosofía de la ciencia contemporánea.

Pero antes de poder exponer las nuevas paradojas que suscitan los agujeros de gusano es preciso relevar las principales nociones de tiempo manejadas por la filosofía occidental. Recién después podremos abocarnos a la relevancia filosófica que puedan tener los avances de la física contemporánea respecto de esta cuestión

2.- Breve historia del tiempo¹

2.1 El tiempo en el discurso filosófico premoderno

No cabe duda de que el tiempo y sus categorías ocupan un lugar preponderante en la historia de la filosofía occidental. Ya sea tras la máscara del devenir en los fragmentos de Heráclito o bien desde el trono de la eternidad en el poema de Parménides, el tiempo que marcan nuestros relojes ha sido siempre objeto de deseo y de angustia para los seres humanos.

Pero el tiempo no admite, como otros conceptos, la mirada aséptica del filósofo: todo ocurre en el tiempo. Este primer problema probablemente haya determinado, desde sus inicios, a la filosofía occidental. La relación del filósofo con el tiempo y sus múltiples máscaras siempre fue, por lo menos, compleja: desde el enigmático “*es el ente ingénito e imperecedero*”

* Filosofía (FFyL-UBA)- Física (FCEN-UBA)
Epistemología e Historia de la Ciencia, Volumen 12 (2006)

(que) *ni fue ni será*" del poema de Parménides², hasta el inexplicable "*es más bello aquello que no se mueve*" en el *Menón* de Platón³, es preciso que el tiempo-devenir quede fuera del saber pero, simultáneamente, es necesario que el tiempo-eternidad lo confirme. Aristóteles, por su parte, sentará las bases para las dos concepciones básicas del tiempo: la psicologista y la física.

Con el advenimiento del Cristianismo el problema del tiempo revela nuevas aristas: si bien la perspectiva eterna del dios cristiano soluciona el problema del acceso al tiempo – clausurándolo o posponiéndolo–, pone de relieve, al menos para nosotros hoy en día, una nueva imposibilidad de asepsia, esta vez ya no metafísica sino cultural. Se puede decir, entonces, que ya desde la antigüedad y el medioevo existen dos límites que cualquier aproximación filosófica debe tener en cuenta frente a la cuestión del tiempo: el filosófico y el cultural.

2.2 El tiempo en la modernidad

Recién con Galileo el tiempo se convertirá finalmente en una variable física, junto con el espacio y la materia. Pero sigue siendo un concepto difícil de asir: Newton y Leibniz se opondrán con respecto a su carácter absoluto o relacional. Para el primero los fenómenos están dentro del tiempo y para el segundo no se trata más que de la relación entre eventos no simultáneos. De todos modos el tiempo sigue siendo continuo, homogéneo, ilimitado, fluente, único e isotrópico. Kant intentará solucionar el problema ubicando al tiempo en ese lugar intermedio de las intuiciones puras, trascendentales a la sensibilidad: de este modo no hace falta considerarlo como una cosa en sí para concebirlo como un marco en el que se dan los fenómenos.

La reacción "metafísica" a la positivización del saber humano tendrá en Bergson y Dilthey a sus principales abanderados. Si bien el tiempo-eternidad de la ciencia no puede ser ya destronado, ambos filósofos reclamarán para la vida un tiempo distinto, ya sea entendido como *duración* de la conciencia, ya como determinante de la realización concreta de la *vida*. No queremos dejar de mencionar, antes de terminar este breve recuento, la importancia que la temporalidad (en sentido estrictamente técnico) tendrá en la filosofía de Heidegger en la estructura del *das-sein* y el lugar preponderante que dará al *fin* del tiempo al calificar al *das-sein* como ser-para-la-muerte.

Mientras el hombre se juega su lugar privilegiado en el Universo en la arena de la metafísica, el tiempo, por su parte, se reintroduce en la ciencia en el siglo XIX de manera peculiar a través de la teoría de la evolución de las especies y de la irreversibilidad en la termodinámica⁴ apareciendo *La Nueva Alianza* de Prigogine.⁵

2.3 El tiempo a través de la historia de la física. ¿Direccionalidad?

El conocimiento del tiempo a través de la física trae muchos interrogantes y dificultades no resueltas y puede llevarnos a fascinantes y fantásticas especulaciones que pueden superar a la más osada ciencia-ficción.

Desde Eddington y Lewis hasta hoy no es posible lograr un consenso sobre si el tiempo tiene o no una direccionalidad en su devenir. Mucha bibliografía hay escrita al respecto, nos

remitimos aquí a este problema en forma breve y sintética, con el objeto de resaltar una nueva faceta problemática del tiempo.

Se han establecido las más variadas flechas del tiempo, la existencia de cualquiera de ellas y, en tal caso, sus respectivas interrelaciones es un terreno novedoso aún para investigar. Asimismo, remitiéndonos a las leyes de la física que, exceptuando el ya famoso experimento referente a la interacción débil⁶, son invariantes ante inversión temporal -esto es, cambiar en las ecuaciones a t por $-t$ deja invariante el conjunto solución, resulta relevante responder en qué sentido es posible admitir una direccionalidad temporal frente a esta simetría que presentan las leyes.

Mientras que para las culturas antiguas la concepción del tiempo era circular, con la tradición judeo-cristiana se radicó fuertemente la concepción lineal de la evolución del tiempo a partir de la tesis de una creación inicial y un eventual fin de los tiempos. Esta concepción del tiempo está en la base de cualquier idea acerca del progreso y de la evolución a partir de entonces. Acerca de la orientación del fluir del tiempo se ha dicho mucho y es aún un tema abierto. Se reconocen, en general, cinco tipos de "flechas" según el ámbito que se esté estudiando, pero también hay quienes sostienen un total de siete flechas distintas (Penrose)⁷ o quienes (Hawking)⁸ sólo exploran las tres flechas, aparentemente, más establecidas, a saber: la entrópica, la cosmológica y la psicológica.

A partir de la segunda ley de la termodinámica se suele señalar que -según indican las leyes de la física- en los sistemas aislados la entropía aumenta, y si entendemos aumento de entropía en tanto aumento en el desorden, es fácil constatar en la experiencia diaria que, si un vaso se cae y se parte en pequeños pedazos, no sucede nunca que espontáneamente el mismo se reconstruya y vuelva al borde de la mesa en la que originalmente se encontraba. En principio, esta flecha nos permitiría distinguir pasado y futuro⁹. Prigogine fue uno de los más fervientes defensores de la direccionalidad e irreversibilidad del tiempo. Así mismo, a escalas cosmológicas es posible distinguir otra flecha puesto que a partir del Big-Bang el universo se está expandiendo, aumentando, por ende, la entropía del universo como un todo. Es relevante, además, señalar que en el marco de la teoría de la relatividad general (RG) no tiene sentido el concepto de tiempo antes del comienzo del universo (Big Bang: surgimiento del espacio-tiempo). He aquí uno de los extremos de la flecha.

Se puede, además, hablar de una flecha psicológica, porque podemos recordar el pasado aunque no podemos predecir el futuro. Hawking, entre otros, sostiene que estas tres flechas coinciden. Ahora bien, si alguna de estas flechas es la fundamental, si entre unas y otras existe relación alguna, son interrogantes que aún siguen en pie y constituyen el famoso problema de la dirección del tiempo tanto en física como en filosofía.

2.4 El tiempo a través de la historia de la física. ¿Absolutismo o Relacionalismo?

En términos de la discusión física pre-relativista, el tiempo es absoluto en el siguiente sentido. Si t es el instante en que un evento sucede en el sistema K , t' respecto del sistema K' (que se mueve rectilíneamente a velocidad constante respecto del anterior sistema) será el mismo instante, la misma magnitud, medida en K . En otras palabras, ambos tiempos medidos en cada uno de los sistemas son iguales, tienen que serlo. Otra consecuencia que se desprende de la

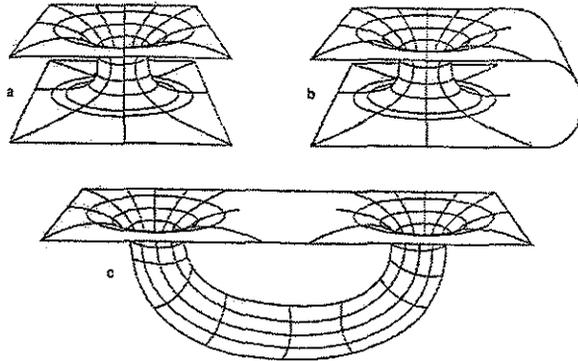
discusión pre-relativista es que los relojes en cada uno de los sistemas son independientes del movimiento de los mismos. En este contexto, a su vez, podemos encontrar a quienes como Newton consideraban que el tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí mismo y por su propia naturaleza, fluye inexorablemente sin ninguna relación con el exterior. Mientras que en la posición diametralmente opuesta podemos agrupar a quienes defendieron la tesis del relacionismo como Mach que puso en tela de juicio las concepciones newtonianas del espacio y del tiempo como entidades absolutas.

Por su parte, la teoría de la relatividad especial introducida por Einstein en 1905, siguiendo los pasos de Mach, estableció, finalmente, la concepción relativista (al menos en el sentido físico referente al movimiento relativo a todo sistema de referencia) no sólo del espacio y del tiempos por separado sino, más aún, del espacio-tiempo como una nueva entidad física de 4 dimensiones (el tiempo ya no es un simple parámetro, es una dimensión más en el mismo sentido en que lo son las tres dimensiones espaciales).

3.- Relatividad General. Singularidades. Agujeros de gusano

La teoría de la RG indica que los cuerpos masivos distorsionan la geometría del espacio-tiempo.¹⁰ Si esta distorsión es muy grande es posible, al menos teóricamente, que las partículas retrocedan en el tiempo. Parece ser, entonces, que las leyes físicas avalan la construcción, por el momento mental, de máquinas del tiempo: podrían existir zonas donde el campo gravitatorio distorsione la dimensión temporal de tal manera que sería posible alcanzar algún punto del pasado. Asimismo, ciertas soluciones de las ecuaciones de Einstein predicen la existencia de puntos en el espacio-tiempo en el que la curvatura es infinita. Estas soluciones se denominaron singularidades. El estudio de las estructuras topológicas tipo túneles o puentes atravesables que comunicarían distintas regiones del espacio-tiempo, despertó gran interés en los físicos. Thorne fue el primero en establecer que los agujeros negros no son atravesables debido a la presencia del denominado horizonte de eventos pero que, sin embargo, podrían existir objetos — soluciones de las ecuaciones de Einstein denominadas agujeros de gusano— que funcionan como túneles en el espacio-tiempo. El estudio se centró en buscar las condiciones para que tal objeto fuese atravesable permanentemente. Aquí aparece la necesidad de la conocida y misteriosa materia exótica (llamada así porque posee masa negativa¹¹ lo cual viola las condiciones de energía¹² establecidas por los teoremas de la RG). Este tipo de materia es tal que puede soportar la estructura de túnel y garganta típicas de los agujeros de gusano.

Existe dos clases de agujeros de gusano: lorentzianos y euclidianos. Esta diferencia refleja que los agujeros de gusano residen en una variedad Lorentziana o en una verdadera variedad Riemanniana con métrica euclídea. En el primer caso, diferentes topologías pueden formar un agujero de gusano. Podría ser un túnel que conecta dos universos separados (figura a) o bien que conecta distintas partes de un mismo universo (figura b y c). La diferencia reside, a nivel global, en la geometría y topología de cada uno. En cada caso la longitud del túnel puede ser menor (figura b) o mayor (figura c) que la distancia de separación entre las correspondientes bocas.



Figuras a, b y c: Se muestra esquemáticamente las distintas geometrías que conforman un agujero de gusano.

4.- Viajes en el espacio-tiempo

Examinemos ahora los viajes en el tiempo. A partir de la relatividad especial es factible viajar hacia el futuro si el viajero se mueve a velocidades cercanas a la velocidad de la luz (c). En tales casos, la teoría predice el fenómeno de dilatación del tiempo según el cual los relojes que se mueven a éstas velocidades se atrasan respecto a aquellos que se encuentran en sistemas a velocidades constantes pero pequeñas comparadas con c . En otras palabras, el tiempo transcurre más lentamente dentro de la nave espacial que está explorando el espacio exterior. Al retornar del viaje digamos, por caso, al planeta tierra, encontrará que todos sus amigos y familiares han envejecido más rápidamente que él, ha pasado más tiempo para ellos que para el viajero.¹³

La idea fundamental del mecanismo a partir del cual ciertos agujeros de gusanos atravesables -en principio, por humanos- podrían constituir máquinas del tiempo, fue propuesta por Morris, Thorne y Yurtsever. Es esencial que estos objetos posean gargantas sin horizontes de eventos (característicos de los agujeros negros) y que se evite la presencia de singularidades desnudas¹⁴. Por eso, todos aquellos objetos que posean horizontes de eventos tienen que ser descartados como posibles máquinas del tiempo (puente de Einstein-Rosen, agujero negro de Schwarzschild, agujero negro de Kerr). Las singularidades desnudas o el agujero de gusano de Wheeler tampoco pueden ser contemplados como efectivas máquinas del tiempo para humanos.¹⁵

Estas estrictas condiciones que requieren los agujeros de gusano imponen fuertes restricciones al tipo de materia, ya mencionada, que podría generar esta curvatura del espacio-tiempo. Ciertamente, los agujeros de gusanos son objetos muy peculiares pero, al menos localmente, no violan ningún principio básico de la física.

Cualquier esperanza acerca de la posible construcción de los agujeros de gusano reside en el descubrimiento de una materia o estado con tales características.¹⁶ De todas maneras existen aún otras dificultades: la existencia de materia exótica está clásicamente prohibida y cuánticamente aún no comprendida; además estos objetos no sólo son inestables sino también inestabilizables; y en el caso de que la materia exótica efectivamente existiese, su interacción

con la materia ordinaria sería tan fuerte que impediría cualquier viaje humano. Efectivamente, el viajero podría ser despedazado por los efectos de las fuerzas tidales¹⁷. Esto hace que los agujeros de gusanos sean atravesables en principio pero presumiblemente no en la práctica.

Ejemplos más bien didácticos de cómo sería posible viajar en el tiempo a través de estos objetos atravesables pueden encontrarse tanto en el libro de Visser como en el artículo de Anchordoqui [*et al.*]. No nos remitimos a estos detalles técnicos sobre cómo se pueden desarrollar estos viajes; lo que aquí nos interesa es si es teóricamente posible o no realizarlos.

5.- Paradojas

Al respecto de los viajes a través del tiempo han surgido diversas paradojas que pueden ser agrupadas en dos grandes grupos:

i) paradojas de la consistencia, en las cuales el viajero puede influir sobre su propio pasado;

ii) paradojas de la creación *ex nihilo*, que tiene que ver con la creación de información por parte de ningún autor.

Como intento de resolver estas paradojas se han establecidos cuatro conjeturas:

- la conjetura radical

Para que las leyes de la física puedan dar cuenta de la posibilidad práctica de los viajes en el tiempo es necesario reescribir la física en su totalidad. Este proceso podría ser muy costoso para la comunidad científica.

- la conjetura de consistencia de Novikov

No es posible modificar lo que ya ha sucedido, la historia del universo es única.

- la conjetura de protección cronológica de Hawking

Si bien los agujeros de gusano están permitidos físicamente, no es posible viajar en el tiempo. La imposibilidad propuesta por Hawking es una imposibilidad de cuajo.

- la conjetura de los científicos aburridos de Visser (aunque no es la que propugna).

Los agujeros de gusano atravesables no existen. Más aún, la física especulativa tiene que desaparecer!

Queremos señalar que entendemos a estas conjeturas más bien como axiomas en los cuales uno debe creer y no como soluciones a las paradojas antes mencionadas. Sin embargo, como todavía no existen pruebas definitivas en favor o en contra de la posible existencia de agujeros de gusano o de máquinas del tiempo, no es posible ubicarse en otro terreno que no sea la conjetura teórica (lo más fundamentada posible) sobre estas cuestiones.

Siguiendo las bases asentadas por John Earman, creemos que no hay una argumentación solvente para probar la imposibilidad de los viajes en el tiempo. El problema eventualmente tendrá que ver con la imposibilidad de operar las correspondientes máquinas del tiempo.

Muchos de los problemas aquí planteados y desarrollados ampliamente en la literatura sobre el tema se esperan que sean resueltos con el advenimiento de una teoría cuántica de la gravitación¹⁸, tan buscada hoy en día entre los físicos como la piedra de toque para entablar nuevos interrogantes y, quizás, resolver –entendiendo por esto aunque más no sea una mera interpretación de la realidad¹⁹ física que nos acontece día a día- los tan antiguos como vigentes problemas de la física actual.

Esperamos con este trabajo expositivo haber brindado un panorama razonable de la situación actual sobre las conjeturas acerca de la posibilidad de manipular el tiempo -pasado y futuro- a través de entidades matemático-físicas, que surgen en las teorías de la ciencia actual que pretenden modelar el universo como un todo

La problemática ha sido planteada; el siguiente paso será entablar las paradojas mencionadas en un marco crítico e innovador en el que filosofía y física establezcan las pautas para encausar los dilemas causales inherentes a cualquier posibilidad de realizar un viaje en el tiempo

Notas

¹ Esta parte del trabajo, por cuestiones de espacio, no puede ser más que un racconto superficial de la problemática del tiempo y no pretende ser una descripción precisa de este tema particular

² Cf. B8 5-6.

³ 96d-98d.

⁴ Cf. Saez

⁵ Cf. Zuppa.

⁶ Nos referimos al decaimiento de kaones neutros (K_0) en el cual la simetría de inversión temporal no es válida.

⁷ Cf. Savitt.

⁸ Cf. Hawking

⁹ Al respecto hay otra posición que señala que la entropía no es una magnitud fundamental sino más bien una magnitud fenomenológica. Definirán, pues, la flecha del tiempo, a partir de las propiedades geométricas del espacio-tiempo. Cf. Lombardi-Castagnino.

¹⁰ Notemos la relevancia filosófica de la teoría de Einstein. la estructura del espacio y del tiempo deja de ser absoluta en este otro sentido: la relatividad general establece que la física está determinada por la distribución de energía y materia del universo.

¹¹ Técnicamente, la tensión radial en la garganta debe ser mayor que la densidad de energía.

¹² Este tipo de anomalías han sido observada en sistemas cuánticos; si este tipo de materia existe en cantidades microscópicas es algo que aún no está resuelto. Cf. Visser

¹³ Evidencia experimental de este fenómeno hay mucha: la primera se realizó con partículas subatómicas. La paradoja de los gemelos no es tal porque ambos gemelos no se encuentran en situaciones geométricas equivalentes debido a que sólo uno de ellos sufre aceleración. Aquí nos encontramos ya en terreno de la RG.

¹⁴ Cuando una singularidad de curvatura no está rodeada por ningún horizonte de eventos se dice que es una singularidad desnuda (Cf. Visser)

¹⁵ Las justificaciones del por qué estos objetos no permiten viajes en el tiempo pueden encontrarse en Visser y en el artículo de Morris-Thorne.

¹⁶ Actualmente el efecto Casimir (cuántico) es uno de los experimentos más relevantes al respecto.

¹⁷ Cuando el campo gravitatorio no es uniforme su efecto sobre un cuerpo extenso varía a lo largo del mismo. El gradiente que se genera entre los extremos produce las denominadas fuerzas tidales. Las mareas (tides) oceánicas se deben, en parte, a estas fuerzas

¹⁸ Cuando los campos son muy intensos los efectos cuánticos comienza a ser relevantes.

¹⁹ Explicitar en qué sentido hablamos aquí de realidad (y cómo los físicos la modelan) da lugar a un próximo ensayo, sin embargo, podemos vislumbrar el sentido kantiano que subyace en el trabajo.

Bibliografía

Anchordoqui, Torres, Romero, Perez Bergliaffa, "Túneles en el espacio y en el tiempo", *CienciaHoy*, 10 (55), (2000).

Diccionario de Filosofía, Herder, Barcelona, (1996)

Hawking, *Historia del tiempo*, Planeta-Agostini, Barcelona, (1992).

Lizcano., *Imaginario colectivo y creación matemática*, Gedisa, Madrid, (1993).

-
- Lombardi, Castagnino, "The Global Non-Entropic Arrow of Time: from Global Geometrical Asymmetry to Local Energy Flow", *Synthese*, Kluwer, Dordrecht.
- Morris, Thorne, "Wormholes in spacetime and their use for interstellar travel. a tool for teaching general relativity", *Am.J.Phys.* 56 (5) (1988).
- Saez, "Caos y Tiempo", en *Archipiélago. Cuadernos de Crítica de la Cultura*, nº 13, (1993).
- Savitt [comp.], *Time's Arrows Today*, CUP, Inglaterra (1998).
- Visser, *Lorentzian Wormholes*, AIP, New York, (1996).
- Zuppa, "Ilya prigogine. Nueva Alianza o Nueva Religión", en *Cinta de Moebio*, nº 18, (2003).