



Revista de Filosofía Open Insight

ISSN: 2007-2406

[openinsight@cisav.org](mailto:openinsight@cisav.org)

Centro de Investigación Social Avanzada  
México

Simesen de Bielke, Martín  
Heidegger y la concepción del «espacio-tiempo» en la teoría de la relatividad especial  
Revista de Filosofía Open Insight, vol. IX, núm. 16, 2018, Mayo-Agosto, pp. 99-128  
Centro de Investigación Social Avanzada  
Querétaro, México

DOI: <https://doi.org/10.23924/oi.v9n16a2019.pp99-128.255>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=421659627006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

[redalyc.org](http://redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# Heidegger y la concepción del «espacio-tiempo» en la teoría de la relatividad especial

## Heidegger and the conception of «Space-Time» in the Special Relativity Theory

Martín Simesen de Bielke

Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

[martindebielke@gmail.com](mailto:martindebielke@gmail.com)

Recibido: 21/03/2017 • Aceptado: 19/09/2017

### *Resumen*

Heidegger sostiene que la relatividad no ha superado las limitaciones de la metafísica tradicional porque Einstein aún concibe el tiempo como parámetro, escala, serie irreversible de instantes homogéneos y como espacio, lo mismo que Aristóteles en su *Física*. En este artículo, se discute con Heidegger la noción de tiempo en la relatividad especial, particularmente el sentido y alcance de la «espacialización» del tiempo. Se sugiere que la relatividad de espacio y tiempo se pueden interpretar por medio del concepto de «analogía», como proporción y mediación entre espacio y tiempo.

*Palabras clave:* A. Einstein, analogía, causalidad, intervalo espacio-tiempo, orden temporal.

### *Abstract*

Heidegger states that the relativity has not overcome the limitations of the traditional Metaphysics, because Einstein still conceives time as a parameter, as scale, as an irreversible series of homogeneous instants and as space, like Aristotle does in *Physics*. In this paper, it will be discussed with Heidegger the notion of time in the special theory of relativity, particularly the sense and scope of the «spatialization» of time. It is suggested that the relativity of space and time can be interpreted, by means of the concept of 'analogy', as proportion and mediation between time and space.

*Keywords:* space-time interval, analogy, causality, temporal order.

---

## Introducción

En 1916, el joven Heidegger, interesado en el deslinde del tiempo histórico cualitativo respecto del tiempo físico cuantitativo, sostiene que “el tiempo sólo tiene una función significativa en la física en cuanto tiempo mensurable (...)” (2009a: 26). El tiempo de la física, afirma, “representa una serie que apunta en una dirección en la que cada punto del tiempo, medido desde el punto de partida, sólo se diferencia por su posición” (2009a: 26). En este mismo texto aparece, por primera vez, una crítica que se puede rastrear a lo largo de toda la obra heideggeriana posterior: el tiempo “se ha transformado en una ordenación homogénea de posiciones, en una escala, en un parámetro” (2009a: 26). En teoría de la relatividad, inclusive,

se trata del problema de la *medición* del tiempo, no del tiempo en sí mismo. La teoría de la relatividad no altera el concepto de tiempo; de hecho, confirma plenamente la principal característica del concepto de tiempo propio de las ciencias naturales (...), su carácter homogéneo y cuantitativamente determinable. No hay nada que exprese mejor este carácter matemático del concepto de tiempo en la física que el hecho de considerarlo como una cuarta dimensión que viene a añadirse al espacio tridimensional (...). (2009a: 27)

En 1924, Heidegger afirma que “toda medición del tiempo comporta reducir el tiempo a «cuánto»” (1999: 53) y que “una vez que se define el tiempo como tiempo del reloj, desaparece toda esperanza de alcanzar jamás su sentido originario” (1999: 54), a lo cual agrega en 1925 que “la medición es una forma de presentificación (*Gegenwärtigung*)” (2009b: 90).

En *Ser y tiempo*, mantiene que la tematización del tiempo de la filosofía y de la física deriva de una “interpretación vulgar del tiempo”

(1974: 453 ss.) que reduce éste a una mera “secuencia de horas”, a una serie infinita e irreversible de instantes “nivelados” (1974: 453 ss.). Un planteo similar acerca del intervalo de tiempo, como espacio de tiempo medido, aparece en 1936, en *Aportes a la filosofía*: el tiempo está “representado espacialmente” (2011: 302). En 1941, sostiene que:

La costumbre propia de la Modernidad (ya delineada en cierta medida por Aristóteles al comienzo de la metafísica), consistente en pensar el tiempo conjuntamente con el «espacio», conduce a extravío. (...) El tiempo es pensado simplemente por su extensión y ésta, a su vez, como cómputo de instantes puntuales que transcurren. Pensado modernamente, el tiempo, al igual que el espacio, es un parámetro, una escala, a través de la cual se mide y cuenta. Tiempo y espacio están referidos esencialmente al «cálculo» (2010: 168).

A mediados de los años 1950, Heidegger reitera el planteo de 1916 y de la década de 1920:

Las nuevas teorías, esto es, los métodos de medición del espacio y el tiempo —la teoría de la relatividad, la teoría cuántica y la física nuclear— no han cambiado el carácter parametral del espacio y el tiempo. (...) Este carácter de parámetro distorsiona la esencia del tiempo y espacio (1989: 209, 213).

Por último, en 1965 afirma:

Desde el surgimiento de la teoría de la relatividad de Einstein se estableció la opinión de que a través de la teoría física la hasta entonces válida doctrina de la filosofía acerca del tiempo se quebrantó. Sin embargo, esta opinión generalizada es un error fundamental. En la teoría de la relatividad, en tanto que teoría de la física, no se trata de la discusión de lo que el tiempo es, sino únicamente de cómo puede ser medido el tiempo en el sentido del uno-tras-otro de la secuencia de horas; de si hay

una medición absoluta de tiempo o si cada medición debe ser necesariamente relativa, es decir, condicionada. La pregunta de la teoría de la relatividad no podría ser discutida en absoluto si no fuera presupuesto de antemano el tiempo como el uno-tras-otro de la secuencia de horas. Si la doctrina acerca del tiempo vigente desde Aristóteles no tuviera validez, entonces con ello estaría excluida la posibilidad de un física. Con el hecho de que la física en su horizonte de la medición del tiempo no conoce solamente sucesos irreversibles sino también reversibles, con el hecho de que la dirección del tiempo puede ser invertida, con esto precisamente demuestra la física que para ella el tiempo no es otra cosa que el uno-tras-otro de la secuencia de horas. Pero esto de una forma tan categórica que en este uno-tras-otro hasta el sentido de la dirección puede llegar a ser indiferente. A la opinión dominante de que la física ha derribado la doctrina transmitida de la metafísica acerca del tiempo, se asocia otra opinión, escuchada hoy en forma particularmente frecuente, de que la filosofía se rezaga respecto de las ciencias naturales. En cambio, hay que decir que la ciencia actual, contrariamente a los investigadores del rango de Galilei y Newton, ha abandonado la viva reflexión filosófica y ya no sabe nada de lo que los grandes pensadores pensaron acerca del tiempo (2013: 103 s.).

¿Es cierto que en relatividad se trata *sólo* de la medición del tiempo? ¿No hay un nuevo concepto de tiempo? ¿Cómo define el tiempo Einstein? ¿Igual que Aristóteles, o sea como número? ¿Es entonces un número relativo o absoluto? ¿Hay continuidad con el planteo clásico de la metafísica? ¿Se puede hablar de una interpretación *vulgar* del tiempo en relatividad? ¿De qué modo el tiempo sería un parámetro y «tiempo del reloj»? ¿Cuál es la relación entre espacio, tiempo y movimiento en relatividad? ¿Queda espacializado el tiempo? ¿Qué significa que la medición «presentifica»? ¿Es realmente el tiempo, según Einstein, una secuencia irreversible de horas cualitativamente indiferenciados? ¿Por qué el orden temporal sería irreversible, por un lado, e indiferente, por otro? ¿El orden del tiempo es relativo, o lo es solamente la medida?

A partir de estas preguntas se aborda la cuestión del tiempo en la teoría especial de la relatividad. Cabe aclarar que este trabajo no se desarrolla en el marco metodológico de la filosofía de la ciencia (en donde evidentemente la investigación sobre relatividad es preponderante),<sup>1</sup> sino en el horizonte de la interpretación heideggeriana de la historia del concepto de tiempo que comenzaría, según el filósofo, con Platón y Aristóteles y culminaría con las geometrías no-euclidianas y la teoría de la relatividad. Heidegger nunca lleva a cabo un análisis del concepto de tiempo de Einstein como lo hace con Aristóteles, Agustín y Kant, posiblemente debido a que considera que, en el fondo, el planteo no cambia radicalmente. Justamente porque falta ese análisis conviene intentar desarrollarlo, tomando las preguntas referidas como hilo conductor.

Heidegger determina que Occidente ha pensado el tiempo como medida. Luego reitera en la década de 1920 que la condición de interpretar el tiempo como parámetro y escala es pensarlo relativamente al espacio. En una escala de tiempo hay intervalos. Ya a partir de la primera consideración de un fenómeno relativista fundamental —la dilatación del tiempo—, se hace evidente la necesidad de distinguir un sentido doble de «intervalo». Ese es pues el objetivo en los dos primeros acápites. Hay un intervalo relativo y uno absoluto. Hay un intervalo que se dilata (o se contrae, en el caso de las longitudes), que varía con el sistema de referencia. Por otro lado, hay un tipo de intervalo que no es unilateralmente temporal o espacial, sino espacial-temporal o incluso temporal-espacial, y que no varía con el sistema de referencia, es *siempre el mismo*.

Luego del deslinde de los sentidos de «intervalo» de tiempo y la explicitación de las tres especies de intervalo espacio-tiempo, se aborda la cuestión de la causalidad —acerca de lo cual, cabe destacar, Heidegger nada dice— y de inmediato la cuestión del orden temporal. A esto sigue un breve análisis comparativo de los sentidos de anterior-posterior y pasado-presente-futuro en Aristóteles y Einstein. En

<sup>1</sup> Entre los filósofos más prominentes que dedicaron estudios a la teoría de la relatividad (algunos de ellos en el marco de la filosofía de la ciencia) cabe destacar los textos de Cassirer (2001), Bergson (2005), Reichenbach (1920, 1924, 1928, 1979), Schlick (1917), Smart (1964), Sklar (1977, 1985), Friedman (1983), Earman (1989), Craig (2001).

el acápite final se plantea, sobre la base conceptual obtenida en la comparación, que el intervalo espacio-tiempo, la unidad de espacio y tiempo, se puede pensar, acaso en su justa medida, como «analogía», en el sentido original de «proporción» que el término tenía en sus orígenes griegos; es decir, no como una asimilación por similitud, ni tampoco como una igualación del tiempo a una cuarta dimensión espacial indistinguible de las otras. Minkowski encuentra la forma matemática de la unión de espacio-tiempo (una fórmula de cuño inconfundiblemente pitagórico). En consideración de la misma, se plantea la cuestión de fondo en la “discusión” con Heidegger acerca de la naturaleza del vínculo espacio-tiempo en relatividad y hasta qué punto hay continuidad con el planteo de base en la física de Aristóteles.

### *El intervalo relativo de tiempo: La dilatación del tiempo*

Heidegger no se equivoca en algo: la teoría de la relatividad no surge a partir de la pregunta «¿qué es el tiempo?». Para Einstein, definir el tiempo significa establecer un método para medirlo sincronizando relojes (2004: 21 ss., 2005: 1 ss.). Con tal fin, se utiliza como *parámetro* la velocidad constante de la luz. Ahora, nadie antes de Einstein, ni siquiera Newton, supo advertir que “el registro del tiempo en un reloj depende de su estado de movimiento” (Laue von-, 1912: 118), tampoco la relatividad de la simultaneidad, o sea que dos eventos simultáneos en un sistema de referencia pueden no serlo en otro sistema.<sup>2</sup>

2 “¿Que significa para dos eventos distintos ser *simultáneos*? Previo a la relatividad, la simultaneidad es una noción que va de suyo. Se asume que la simultaneidad es una noción invariante, que dos eventos simultáneos para un observador deben ser simultáneos para cualquier otro observador, y también se asume que se trata de una relación de equivalencia, es decir, una relación simétrica, reflexiva y transitiva entre eventos. (...) La noción de simultaneidad (...) no es invariante, se define sólo de modo relativo a un observador en cierto estado de movimiento inercial. Para cualquier observador de esta clase, resulta que la simultaneidad, relativizada de este modo, es una relación de equivalencia. No obstante, si *a* es simultáneo con *b* relativamente a un observador y *b* es simultáneo con *c* para otro observador, no hay razón para creer, en general, que *a* es simultáneo con *c* relativamente a cualquiera de los dos observadores” (Sklar, 1976: 255 s.). Para una exposición más detallada de estas y otras cuestiones en la teoría de la relatividad que aquí no se tratan de manera pormenorizada, se puede consultar a

La teoría especial de la relatividad plantea que si dos relojes en reposo relativo están inicialmente sincronizados y luego uno de ellos es puesto en movimiento su registro se retrasará respecto al reloj en reposo, no a causa de una falla del mecanismo, sino debido al carácter relativo del tiempo. El fenómeno se conoce como «dilatación del tiempo». Como explica Craig: “La dilatación del tiempo significa que si se considera que un reloj está en reposo, un reloj en movimiento marcha lento, de modo que, relativamente al reloj en movimiento, la cantidad de tiempo medida por el reloj en reposo se expande o dilata” (2001: 47). La *ratio* de dilatación entre el reloj en reposo y el reloj en movimiento se obtiene mediante la ecuación  $t [1 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}]$ , o sea: el producto de  $t$  y el factor  $\gamma$  (en adelante simplemente:  $t [\gamma]$ ). La ecuación expresa que el grado de dilatación depende básicamente de la velocidad con que se mueve el reloj, tomando la velocidad de la luz como parámetro.

La dilatación del tiempo, provocada por el movimiento, afecta a todo tipo de relojes y procesos oscilatorios: mecánicos, químicos, físicos o biológicos; el corazón humano, por ejemplo, o los ciclos circadianos, regulados por el reloj genético, con centro en el núcleo supra-quiasmático del hipotálamo, pero presente en cada célula del cuerpo. Si un astronauta viajara en una nave a una velocidad hipotética de 0,6c (60 % de la velocidad de la luz): “Todos los fenómenos que ocurren allí —el ritmo del pulso del hombre, sus procesos mentales, el tiempo que emplea para encender un cigarro, cuánto necesita para crecer y envejecer —todas estas cosas deben ser más lentas en la misma proporción (...)” (Feynman, 1998: 15-9 s.).

Si, por ejemplo, el astronauta se comunica con la central en Tierra y anuncia que retomará el contacto exactamente en una hora y fija la alarma de su reloj atómico (que indica su «tiempo propio»), el operador en el centro de control (usando  $t[\gamma]$ ) debe configurar la alarma para que su reloj suene 1:25 h más tarde, a partir del momento en que cortan la comunicación. Una hora más tarde, según el reloj en el sistema de referencia de la nave ( $S'$ ), el astronauta levanta

Sanchez Ron (1983), Feynman (1998), Taylor & Wheeler (2000), Greene (2004), Hawking (2006), Tipler & Llewellyn (2008).



el comunicador y constata que el operador en la Tierra (*S*) ha regresado a su puesto puntualmente. El intervalo no tiene una medida absoluta, es relativo, porque, en tanto cuerpos de referencia, la Tierra y la nave están en pie de igualdad.

Los relojes en movimiento marchan «más lento». Todos los procesos en la nave, del tipo que sean, transcurren más lento, pero no en relación al propio sistema de referencia (el tiempo medido por el reloj del astronauta); es decir, no en sentido absoluto. El tiempo se ha vuelto lento *en comparación*. Es decir, sólo si se compara el tiempo con un «parámetro» —una escala de tiempo exterior (*παρά*) al sistema de la nave y en reposo respecto al reloj móvil en ella— sale a luz y se hace patente el número del tiempo dilatado que el reloj en la nave no registra y que el astronauta no percibe ni padece en relación a los demás entes en su entorno. Sólo el reloj en la Tierra, en reposo (relativo), «presentifica» el intervalo de tiempo dilatado. Con la relatividad, el parámetro universal de tiempo se atomiza en una multiplicidad de parámetros.

En la física de Newton, el tiempo sólo funciona como un parámetro. El movimiento tiene lugar en el espacio absoluto y es parametrizado (*parameterized*) por el tiempo absoluto. De modo similar, en la formulación original de la teoría de la relatividad de Einstein, el tiempo relativista sólo funciona como un parámetro. Einstein rechaza la existencia de un espacio absoluto y de un sistema de referencia fundamental, en reposo, y lo hace en favor de una pluralidad de espacios inerciales en movimiento relativo, a cada uno de los cuales corresponde un parámetro de tiempo que registra el tiempo propio (*proper time*) de ese marco inercial (Craig: 2001, 207).

### *El intervalo espacio-tiempo absoluto*

Minkowski introduce en la teoría de la relatividad el concepto de «intervalo absoluto espacio-tiempo» («distancia de Minkowski»), que se calcula con la ecuación:

$$\Delta s^2 = \Delta t^2 - \Delta x^2$$

Esto es: [Intervalo espacio-tiempo]<sup>2</sup> = [separación en el tiempo]<sup>2</sup> – [separación en el espacio]<sup>2</sup>.

La ecuación también se formula así:

$$\Delta s^2 = c^2 \Delta t^2 - \Delta x^2$$

En el ejemplo del astronauta, la duración de la pausa en su labor es un intervalo de tiempo cuya magnitud cambia con el sistema de referencia, no tiene un valor absoluto objetivo. Por el contrario, el «intervalo espacio-tiempo» es una magnitud absoluta. La diferencia entre el intervalo de tiempo relativo (dilatación) y el intervalo absoluto espacio-tiempo se ve claramente con un ejemplo. La esposa del astronauta también va en la nave y queda embarazada en el día 1 del viaje. La concepción se produce en el momento en que la nave alcanza su velocidad uniforme final = 0,75c. La pregunta es por el intervalo espacio-tiempo entre dos eventos: la concepción (A) y el nacimiento (B). La Tierra se representa como sistema S, mientras que un sistema rígidamente ligado a la nave se denomina S'.

En relación a S', transcurren 9 meses y nace el hijo. En cambio, según el reloj atómico en la Tierra, el nacimiento se produce 13,6 meses después de iniciado el viaje ( $t[\gamma = 1,51]$ ). En el sistema de referencia de la Tierra, el tiempo de gestación se ha dilatado más de 4 meses y, así, 9 meses en la nave equivalen a 13,6 meses en la Tierra.

La distancia (d) recorrida por la nave al instante del nacimiento (d = producto de vt), medida desde la Tierra (sistema S), es:  $\Delta x = 10,2$  meses-luz. Este es el intervalo espacial ( $\Delta x$ ) entre el lugar en que se produce la concepción ( $x_1$ ) y el lugar en que se produce el nacimiento ( $x_2$ ). Con los valores de los intervalos  $\Delta t$  y  $\Delta x$  se puede calcular el intervalo espacio-tiempo en el sistema de referencia de la Tierra, aplicando la ecuación de Minkowski:

$$\begin{aligned}
(\Delta s)^2 &= (c\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 \\
(\Delta s)^2 &= (13,6)^2 - (10,2)^2 = 80,92 \text{ (redondeo en 81)};^3 \\
(\Delta s)^2 &= 81 \\
\Delta s &= \sqrt{81} \\
\Delta s &= 9 \text{ meses.}
\end{aligned}$$

Por otra parte, en relación al sistema  $S'$  (nave), la concepción y el nacimiento acontecen en el mismo lugar (la cama de la nave), de manera que la coordenada espacial  $x'$  tiene el mismo valor ( $x'_1 = x'_2$ ), por lo que el intervalo  $\Delta x'$  entre los eventos evidentemente es 0. El valor de  $\Delta t'$ , indicado por un medidor de tiempo situado en la nave (tiempo propio), es 9 meses. Mediante la ecuación de Minkowski se observa que el valor del intervalo espacio-tiempo en el sistema de referencia de la nave es igual que en la Tierra:

$$\begin{aligned}
(\Delta s')^2 &= (c\Delta t')^2 - (\Delta x')^2 \\
&> (\Delta s')^2 = 9^2 - 0 \\
\Delta s' &= \sqrt{81} \\
\Delta s' &= 9 \text{ meses.}
\end{aligned}$$

El intervalo  $t$  entre dos eventos (concepción-nacimiento), la cantidad de tiempo que media entre sus respectivos «ahoras», es numéricamente expresable en una escala posible. El número cambia con la variación del sistema de referencia en  $t'$ ,  $t''$ , etcétera. En el ejemplo, el intervalo de tiempo  $t'$ , correspondiente al ciclo de gestación, se dilata en relación a  $t$  en más de 4 meses, pero el intervalo espacio-tiempo  $\Delta s$  permanece invariable. El intervalo  $\Delta s$  entre dos eventos también es una cantidad numéricamente expresable. Sin embargo, ese número es un parámetro de tiempo universal y absoluto.

3 Utilizo valores aproximados porque no se trata aquí de pronosticar ni de hacer cálculos y mediciones exactas.

Hay tres clases posibles de intervalo espacio-tiempo entre dos eventos. Si el intervalo es nulo ( $\Delta t = \Delta x$ ) se denomina de «tipo-luz». Si el intervalo tiene signo positivo ( $c\Delta t > \Delta x$ ), se denomina «tipo-tiempo»; si el signo de  $\Delta s$  es negativo ( $c\Delta t < \Delta x$ ), se denomina «tipo-espacio».

Con respecto a la relación entre intervalo espacio-tiempo y causalidad, se puede resumir en dos enunciados generales:

1. Eventos causalmente vinculados están *siempre* a intervalos de tipo-tiempo o de tipo-luz.
2. Eventos separados por intervalos de tipo-espacio *nunca* pueden estar causalmente vinculados.

Si, por ejemplo, entre los eventos «emisión de un rayo de luz» (A) y «apertura de una puerta» (B) existe una relación causal, se deduce del enunciado N° 1 que son eventos separados por un intervalo tipo-tiempo ( $c\Delta t > \Delta x$ ) o tipo-luz ( $c\Delta t = \Delta x$ ). Más concretamente, si entre los eventos A y B hay un intervalo de 1 segundo o menos, necesariamente la distancia que separa al emisor del receptor fotosensible colocado en la puerta es igual o menor que  $3 \times 10^8$  m (distancia que recorre la luz en un segundo). Si la distancia entre emisor y receptor fuera mayor que  $3 \times 10^8$  m, la única manera de sostener la hipótesis de la existencia de un vínculo causal entre A y B sería suponer que la señal que va del emisor al receptor viaja más rápido que la luz, lo cual es empíricamente imposible. Los eventos A y B estarían a un intervalo de tipo-espacio ( $c\Delta t < \Delta x$ ), por lo que, como se sigue del enunciado N°2, no hay posibilidad de nexo causal.

El tipo de intervalo espacio-tiempo define si el orden temporal entre dos eventos es relativo o absoluto, o sea cómo se disponen en una *serie de horas*, el orden de antero-posterioridad entre los mismos. La teoría de la relatividad plantea que sólo eventos causalmente vinculados están en un orden temporal absoluto (unívoco) de antero-posterioridad. El principio general de este orden absoluto dice:

La causa es *absolutamente* anterior al efecto. Esto significa que eventos separados por intervalos de tipo-espacio, o sea no vinculados causalmente, están en un orden relativo de antero-posterioridad (el evento A puede ser anterior o bien posterior al evento B, según el sistema que se elija). Más específicamente, el orden entre eventos separados por un intervalo tipo espacio no es reversible, sino indeterminado.

Es fácil ver que dos eventos cualesquiera con una separación de tipo espacio son indeterminados en su orden temporal, en el sentido de que se les atribuirá órdenes temporales diferentes en marcos inerciales diferentes. Esto, por supuesto, no puede suceder con eventos que tienen una separación de tipo tiempo. Así que si tenemos en cuenta que los procesos «causales» no pueden ser indeterminados en su orden temporal («la causa siempre tiene que preceder al efecto»), hay un motivo para restringir los procesos causales a las curvas de tipo espacio (Friedman, 1983: 161 s.).

El *signo* positivo o negativo del intervalo es una señal clara del orden temporal entre los eventos; un intervalo de tipo-espacio siempre tiene signo negativo, dado que  $c\Delta t < \Delta x$ .

Si el cuadrado de un intervalo es nulo, los eventos podrían ser conectados por un rayo de luz. Si es negativo, ninguna señal causal puede conectarlos, es decir, tienen una separación tipo espacio, ya que ninguna señal causal puede ir más rápido que la luz. Si el cuadrado del intervalo invariante entre ellos es positivo, pueden ser conectados por una señal causal más lenta que la luz, es decir, tienen una separación de tipo espacio (Sklar: 1977, 260).

### *Intervalo de tiempo y el horizonte de pasado y futuro*

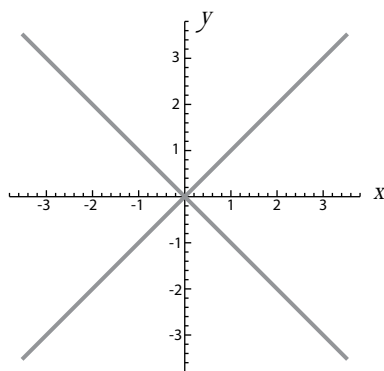
El planteo relativista del orden el tiempo puede resumirse en dos enunciados:

- 1) El orden temporal de eventos separados por intervalos de tipo-tiempo es *unívoco*.

2) El orden temporal de eventos separados por intervalos de tipo-espacio es *indiferente*.

En 1924, Heidegger afirma: “El tiempo es irreversible. Esta irreversibilidad es el único factor por el que el tiempo se anuncia todavía, por el que resiste una matematización definitiva” (1999: 55). Con certeza, en 1925<sup>4</sup> (y muy probablemente ya en 1916) Heidegger conocía el trabajo de Minkowski, el cual consiste precisamente en una exposición de la geometría hiperbólica de la causalidad y del orden temporal. Por primera vez la causalidad se trata como un problema de geometría. Con Minkowski, el tiempo, entendido como sucesión, pasa de la aritmética a la geometría; ya no será posible pensar independientemente tiempo y espacio.

En la geometría del espacio-tiempo, creada por Minkowski, se representa la función de un intervalo tipo-luz ( $\Delta s^2 = c\Delta t^2 - \Delta x^2 = 0$ ) en un eje de coordenadas cartesiano ( $x$  = espacio,  $y$  = tiempo) mediante dos líneas que cortan los cuadrantes a 45°.

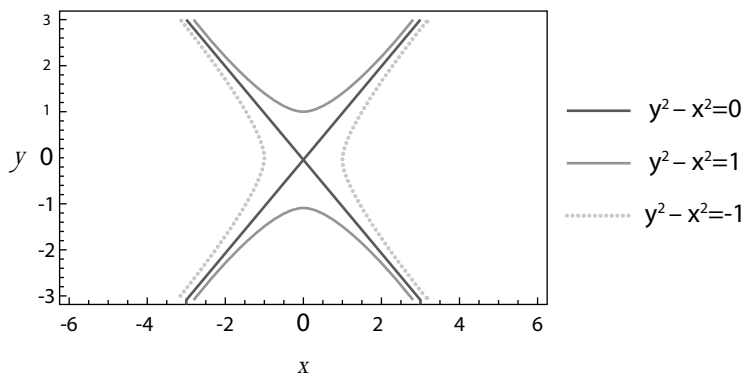


Las líneas representan la velocidad constante de la luz, las «líneas de mundo» (*Weltlinien*)<sup>5</sup> de fotones. Todos los puntos sobre las líneas rectas a 45° ( $y^2 - x^2 = 0$ ) están separados por el *mismo intervalo* en el espacio-tiempo respecto al origen del sistema de coordenadas. Si se agregara una tercera dimensión espacial (un eje  $z$ ), las líneas de

4 Cfr. Heidegger, 2009b: 90.

5 Más conocidas como «líneas de universo».

mundo de la luz formarían un «cono de luz». A cada tipo de intervalo corresponden las siguientes funciones:



Se observan aquí, por un lado, las líneas de mundo de la luz a  $45^\circ$ , también la función propia de un intervalo tipo-tiempo:  $\Delta s^2 = y^2 - x^2 = 1$ , a la cual corresponden las dos hipérbolas comprendidas dentro del «cono de luz del pasado» (cono inferior  $[-y]$ ) y del «cono de luz del futuro» (cono superior  $[+y]$ ). El dato fundamental aquí es que cada punto en cada hipérbola tomada individualmente está *a la misma distancia* respecto del origen del sistema de coordenadas; es el modo de expresar geoméricamente que el intervalo entre el origen y cualquier punto en la hipérbola es idéntico y, por ende, absoluto, independientemente de los valores que se asignen a las variables  $x, y$ .

El punto-origen del sistema de coordenadas espacio-tiempo podría representar un evento como «emisión de una señal (con velocidad  $< c$ )» y cada punto en la hipérbola (superior) podría representar el evento «apertura de puerta» en todos los sistemas de referencia posibles ( $v > 0 < c$ ). Si, en cambio, la señal fuera electromagnética, el evento apertura de puerta estaría siempre sobre la línea de mundo de  $45^\circ$ . Los puntos en la hipérbola inferior representan un evento que opera como causa respecto al evento en el origen del sistema. Esa relación, evidentemente es absoluta, el orden es unívoco.

Si se traza una línea recta desde el origen del sistema a cualquier punto sobre la hipérbola «tipo tiempo» ( $\Delta s^2 = 1$ ), tal línea de mundo representaría la velocidad constante de un punto material (una partícula, por ejemplo). Nunca una línea trazada desde el origen hacia un

punto cualquier en esa hipérbole podría superponerse con la «línea de luz», porque una partícula material no puede alcanzar la velocidad de la luz en ningún sistema de referencia. Por otro lado, si se traza una línea recta desde el origen hacia cualquier punto en las hipérbolas «tipo-espacio» ( $y^2 - x^2 = -1$ ; hipérbolas laterales), tal línea representaría una velocidad constante super-lumínica (imaginaria).

### *Intervalo espacio-tiempo y orden temporal en la Física de Aristóteles*

Se ha visto en qué sentido el espacio-tiempo de la relatividad designa un intervalo numerable absoluto. Puede resultar fructífero ahora comparar el planteo del orden de antero-posterioridad de la «secuencia de ahora (eventos)» en la relatividad con la teoría de Aristóteles, a ver en qué medida la relatividad sigue en la línea de la metafísica.

Por lo que respecta a la cuestión del orden temporal, Aristóteles es el primero en identificar y explicitar con rigor metódico el sentido relativo de los términos «anterior» y «posterior». En *Física* Δ 11 (219b1-2), sostiene: el tiempo es el “número del movimiento según lo anterior y lo posterior” (ἀριθμὸς κινήσεως κατὰ τὸ πρότερον καὶ ὕστερον). Los términos «anterior» y «posterior», al igual que «número», son plurívocos, se emplean, según Aristóteles, en cuatro o incluso cinco sentidos diferentes.

En *Categorías* XII (14a26-b23 ss.) y en *Metafísica* Δ 11 (1018b9 ss.) se encuentra un catálogo de sentidos de «anterior» (πρότερον), entre los cuales figura uno espacial o locativo (κατὰ τόπον) y uno temporal (κατὰ χρόνον).<sup>6</sup> Todos los sentidos de «anterior» están subordinados al sentido locativo del término, al cual Aristóteles atribuye una prioridad lógica. Hay un denominador común entre «anterior» en sentido espacial y temporal, además del nombre: ambos aluden a una cierta *distancia* mensurable; es decir, por un lado, la distancia entre dos lugares y, por otro, la que separa el presente de

6 Un excelente estudio de los sentidos de anterior en Aristóteles en Cleary (2010). Se puede consultar también Corish (1976), Vigo (2006) y Bowin (2009).



un evento pasado o futuro, un cierto intervalo «respecto al ahora» (ἡ τοῦ νῦν ἀπόστασις). La prioridad de «distancia», como concepto espacial, es de sentido común, pues sólo en segundo término se dice «distancia temporal»; si se habla de distancia, sin más especificación, todo mundo asume *a priori* que lo aludido es una magnitud espacial.

El sentido temporal de «anterior» («antes») es relativo, cambia según se predique con vistas al pasado o al futuro. En relación al pasado, «antes» *significa* lo más antiguo, lo más lejano con respecto a «ahora» (τὸ πορρώτερον τοῦ νῦν). En cambio, en relación al futuro, se llama «anterior» al evento más cercano al «ahora» (τὸ ἐγγύτερον τοῦ νῦν), aquello que va a ocurrir antes. «Posterior», como término correlativo, alude al evento más lejano en el futuro y al más cercano en el tiempo respecto al presente. La cantidad de tiempo expresada como número (la distancia o intervalo respecto al ahora) varía en función del horizonte o marco de referencia temporal de pasado-presente-futuro, un horizonte temporal absoluto de referencia y de sentido. Por eso, al definir el tiempo, Aristóteles especifica que el número se da «según (κατὰ) lo anterior y lo posterior». «Antes» en relación al futuro implica una distancia o intervalo menor (lo más cercano en términos de días, años, etc.) que «antes» en relación al pasado.

Aristóteles dice que el alma percibe dos eventos, uno en un ahora y otro en otro ahora diferente, uno antes y uno después, luego mide ese intervalo, empleando como parámetro, como reloj, la revolución del cielo de estrellas fijas —el sistema de referencia absoluto e inmóvil es la Tierra en el centro del universo. Este reloj natural brinda la indicación del número absoluto y verdadero (*Física* Δ 11, 219a20-219a30); cualquier indicación diferente sería producto de un error de cálculo. No se pregunta, por supuesto, si las *distancias*, en sentido espacial (extensión entre dos lugares) y temporal (intervalo de tiempo), son dependientes del estado de movimiento de los cuerpos y del «alma» que mide y cuenta; los intervalos de espacio y de tiempo no están sujetos al cambio entendido como contracción y dilatación.

Según el planteo de *Física*, «antes» significa, en relación al futuro, lo que va a acontecer primero. Por ejemplo, si dos móviles tienen

la misma velocidad, llegará antes el que tenga menos trayecto por recorrer; si deben recorrer la misma distancia llegarán en simultáneo. Las relaciones de eventos de tipo «anterior-posterior-simultáneo» son absolutas. Einstein claramente tiene una visión distinta. Éste demuestra que la datación temporal mediante las referencias «anterior, posterior, simultáneo» es relativa y, así, el número que corresponde al intervalo de tiempo que tardan dos haces de luz en recorrer distancias iguales a velocidad constante y absoluta cambia con el sistema de referencia.

Es clásico el ejemplo del tren. Hay un emisor de luz en el medio del tren y un detector fotosensible en dos puertas ubicadas en los dos puntos más extremos del tren. En el sistema del tren se observa que los rayos llegan simultáneamente, el intervalo entre la emisión de luz y la apertura de las puertas es idéntico. Por el contrario, el cronómetro en las vías marca un intervalo menor entre la emisión del rayo y la apertura de la puerta de atrás, que se abre *antes*. Como no hay un sistema de referencia absolutamente inmóvil (privilegiado), todos los sistemas están en pie de igualdad, de modo que los registros de los relojes son todos verdaderos. Así, sólo se puede decir qué puerta se abre antes o después relativamente a un sistema de referencia. Pero esencialmente no habría contradicción en afirmar que la puerta delantera se abre *antes y después* que la de atrás (o sea, también que el intervalo es mayor y menor), dado que eso no ocurre *en* el mismo «tiempo», es decir, relativamente a un mismo sistema espacio-temporal. El principio de no-contradicción presupone la existencia de este tiempo metafísico, un tiempo objetivo medido por la revolución del cielo de estrellas fijas.

Un rayo de luz abre una puerta. La datación del evento «emisión del rayo de luz» como «anterior» y de la «apertura de la puerta» como «posterior» tiene su fundamento en el orden temporal absoluto dado entre causa y efecto. «Anterior» en sentido absoluto se dice, como se ha visto en el acápite anterior, de la causa.<sup>7</sup> Pero si el inter-

7 Los sentidos de «anterior» que distingue Aristóteles en *Categorías* y *Metafísica*  $\Delta$  son todos relativos. No obstante, en el libro A de *Metafísica*, específicamente en la doctrina de las cuatro causas, se puede observar una prioridad explícita de la causa final y de la causa formal sobre la causa material (en lo cual se basa inclusive la interpretación teleo-

valo entre los eventos fuera de tipo-espacio, el orden temporal sería relativo. No hay simultaneidad absoluta, pero sí puede haber orden temporal absoluto de eventos seriados con las referencias «anterior-posterior»: causa-efecto. En la base conceptual de esta «prioridad», aparece, en primer término, el postulado de la velocidad límite de la luz como parámetro que permite establecer qué eventos pueden estar vinculados causalmente. Sin embargo, el fundamento último de la asimetría de lo anterior y posterior no se encuentra en las ecuaciones de Lorentz (son reversibles, de hecho) ni en la causalidad, sino en la termodinámica, en la tendencia universal hacia el equilibrio y la muerte térmica. El calor va desde el cuerpo caliente hacia el cuerpo frío. La probabilidad de que ese orden se invierta es infinitesimal. En otros términos, la transición de lo anterior a lo posterior se da siempre en la dirección de un aumento de la entropía de un sistema cerrado, es decir: *desde* un estado altamente ordenado *hacia* uno desordenado. Donde ya no hay δύναμις tampoco puede haber ἐνέργεια.

Por último, cabe señalar que en relatividad, sería poco preciso definir «anterior» en el futuro simplemente como lo más cercano en relación al ahora, y «anterior» en el pasado como lo más distante respecto al ahora, según la indicación de un reloj. En el sistema de referencia del tren, la puerta de adelante se abre en el instante  $t$ , mientras que en el marco de referencia de la vía, el mismo evento sucede en  $t' > t$ ; cuanto mayor sea la velocidad del tren relativamente a un observador en el andén, mayor será el intervalo temporal entre la emisión del rayo y la apertura de la puerta, en comparación con el tiempo medido por un observador en el tren.

lógica de la historia de la filosofía). Aristóteles también postula la prioridad del acto sobre la potencia (*Metafísica* Θ, VIII, 1049b5-10; 1050a2-3). «Anterior», según el movimiento, se dice del principio del movimiento y, dicho principio, en sentido absoluto, es el motor inmóvil. También para Aristóteles la causa (del movimiento), en tanto causa primera, es lo absolutamente anterior. La necesidad de una causa incausada como fundamento del sentido absoluto de «anterior» (una causa antes de la cual nada hay) conduce por sí misma hacia las preguntas de la metafísica. Que el propio Einstein pregunte si de la relatividad general se deduce la posibilidad de un universo finito y, sin embargo, no limitado (2004: 72 s.), es una prueba clara de esto.

Como supo advertir Aristóteles por primera vez, *se dice* «anterior» en sentido temporal de modo *análogo*, haciendo referencia a cierta «distancia». Algo puede ser muy *distante* en el futuro o, al contrario, muy *próximo* y entonces acontece antes. Algo distante en el tiempo ha acontecido hace ya mucho. Tiempo y espacio se conciben como dominios análogos.

La analogía es un término medio entre identidad y diferencia. Una diferencia básica radica en que dos eventos sucesivos no pueden ser simultáneos, al modo como pueden serlo eventos que ocupan posiciones sucesivas en el espacio. La posibilidad de la co-presencia en el dominio del espacio define la prioridad de la sucesividad espacial por sobre la sucesividad temporal —no obstante, ser presente *al mismo tiempo* es evidentemente un modo temporal de ser. Otra diferencia esencial es que resulta posible moverse en el espacio, indistintamente hacia *adelante* o hacia *atrás*, en cambio no es posible ir hacia *atrás* en el tiempo unidireccional. Se habla de tiempo como si fuera espacio.

Cualquiera que se fía del sentido común da por sentado que si percibe algo «ahora» significa que sucede ahora mismo. Es de sentido común que si algo acontece ahora, no puede haber ocurrido hace mucho, *lejos* en el tiempo. Asimismo, la lógica indica que eventos simultáneos pueden ser, indistintamente, cercanos entre sí, o tan lejanos en el espacio como uno quiera imaginar. Parece impensable que la distancia espacial pueda condicionar qué tan lejos (posterior) o cerca, en términos temporales, se encuentra un evento que observamos «ahora».

La relatividad ha puesto de manifiesto que los presupuestos del sentido común acerca del tiempo (la representación vulgar del tiempo) se basan en la «ilusión» de la simultaneidad a distancia. En verdad, no existe lo instantáneo. Ningún evento acontece en «tiempo real». Todo evento es diferido y pretérito, está a un cierto intervalo de tiempo respecto a nosotros, siendo finita la velocidad de la luz.

En nuestro *horizonte* del pasado (para ponerlo en los términos conceptuales de Heidegger leyendo a Aristóteles), la imagen del Sol

es anterior a la imagen de la Luna; mientras que, en nuestro horizonte futuro, la imagen de la Luna es anterior a la imagen del Sol. El «ahora» en el Sol, los eventos «ahora» en el Sol, están, respecto a nuestro aquí y ahora en la Tierra, a un intervalo de tipo-espacio; nada de lo que sucede ahora en la Tierra podría ser causado por lo que sucede en este preciso momento en el Sol. De hecho, es imposible saber algo acerca de ese «ahora», *ahora* mismo. Para un observador en la Luna, nuestro ahora sería futuro. Para nosotros, en cambio, el ahora del observador en la Luna sería futuro. Los ahora (el mismo evento pero con datación diferente para cada observador) están a un intervalo de 1,3 segundos en un orden relativo de anterior y posterior.

En relatividad, el grado de «difracción» de lo instantáneo, o sea qué tan lejos o cerca en el tiempo se encuentra un evento, depende del intervalo espacial entre el observador y lo observado. La proporción entre la distancia espacial y la distancia temporal es el número del intervalo, la distancia espacio-temporal entre la causa y el efecto (tipo-tiempo). El intervalo absoluto espacio-tiempo indica la relatividad como relación, es el vínculo que viene dado por la proporción entre los intervalos relativos  $\Delta x$ ,  $\Delta t$ ; es decir, el número que media, conectando, todo sistema de referencia. No ya una medida de naturaleza puramente temporal o espacial, sino una medida de espacio-tiempo.

Minkowski da inicio a su conferencia, *Espacio y Tiempo* diciendo: “A partir de ahora, el tiempo tomado en sí mismo y el espacio tomado en sí mismo quedan completamente reducidos a sombras y sólo *un tipo de unión* entre ambos puede preservar su *independencia*” (1908, 75). Si se interpreta este peculiar tipo de unión como proporción, aparece una alternativa a la hipótesis de la reducción total del tiempo al espacio y, asimismo, a la de la transformación del espacio en orden de sucesión temporal. No se trata de una subordinación del tiempo al espacio o del espacio al tiempo, sino de una «nivelación», en el sentido de un reconocimiento de «equidad» o igualdad de derechos entre ambos dominios.

Para designar el tipo de vínculo y la unidad dados por la proporción, los griegos tenían un nombre: analogía (ἀναλογία). El sentido

matemático originario del término analogía, acuñado por los Pitagóricos, indica una relación invariable, por ejemplo, la relación entre la tónica y la octava, o entre los intervalos de cuarta y quinta justa en la escala mayor diatónica. No importa la longitud de la cuerda que se tome como parámetro, siempre otra cuerda con el doble de longitud arroja una nota una octava por debajo en relación al tono que emite la primera cuerda. La relación proporcional o analógica, el *intervalo* entre tónica y octava es la relación de 1 a 2 (doble). El número de oscilaciones de la cuerda es inversamente proporcional a la longitud de la misma, una cuerda con la mitad de la longitud que la cuerda patrón oscila dos veces más rápido (un intervalo de octava por encima). Y como descubre mucho después Galileo, el número de oscilaciones del péndulo simple es también inversamente proporcional a la longitud de la cuerda. La longitud y el número de oscilaciones que define la unidad de tiempo son proporcionales, igual que el número de oscilaciones por segundo (frecuencia) del Cesio (correspondiente a una transición energética en el nivel hiperfino) es proporcional a la longitud de onda. El nombre «analogía» no designa originalmente una relación de similitud, que sería compatible con el modelo de calco estructural del tiempo en el espacio. Platón decía en *Timeo* que la analogía es la forma más bella de mediación y unidad (31b-32b). El concepto de analogía es empleado luego por Aristóteles en la *Ética nicomáquea* para definir la justicia (V, 1131a25-1131b25). La analogía permite la distribución equitativa, posibilita la compensación y el equilibrio. En relatividad, la velocidad constante de la luz juega el rol de «juez» o «parámetro» en la mediación entre los intervalos de espacio y tiempo. Como se puede observar en el diagrama de Minkowski, las líneas de mundo de la luz trazan las fronteras que unen y separan simétricamente y de manera homogénea los dominios del «tiempo-espacio» (el intervalo tipo-tiempo, dentro del cono de luz) y del «espacio-tiempo» (el intervalo tipo-espacio en las hipérbolas laterales, fuera del cono de luz) en su juego de mutua determinación. La analogía no es similitud natural, tampoco asimilación de un dominio a otro o incluso disolución del tiempo en el espacio, sino una forma de «mediación». Así hay que pensar el vínculo; como dice Minkowski: unidos mantienen su autonomía.

Los tipos de intervalo espacio-tiempo serían, de acuerdo con esta interpretación, especies de analogía y, así, ésta podría considerarse como la forma originaria de «relatividad» entre tiempo y espacio: el vínculo espacio-temporal entre eventos que se mantiene idéntico a través de los cambios de sistema de referencia, la «sustancia» del tiempo y del espacio relativos. Se dice «antes», «después», «distancia» respecto al ahora, «intervalo» de tiempo, etc., en un sentido similar a como se dice intervalo y distancia en sentido espacial. Pero «analogía» no tiene originalmente el sentido de metáfora y, referida a la distancia o intervalo espacio-tiempo, sería un modo de designar la proporción constante entre el número del intervalo relativo espacial y el número del intervalo relativo temporal. Las coordenadas  $x, t$ , cambian con el sistema ( $t \neq t'$ ;  $x \neq x'$ ). Lorentz descubre la proporción entre  $t$  y  $t'$  que no cambia, que hace posible una «transformación» y pasar de un sistema de referencia a otro en movimiento relativo, preservando intacta la forma de las leyes de la física. Si no existiese dicha relación o «relatividad», los sistemas serían inconmensurables. La ecuación del intervalo espacio-tiempo  $[(\Delta s)^2 = (c\Delta t)^2 - (\Delta x)^2]$  indica una proporción invariable. Los valores de los intervalos  $\Delta t$  y  $\Delta x$  se alteran con los sistemas de coordenadas, pero la relación expresada por el intervalo  $\Delta s$  ( $> 0$ ,  $< 0$ ,  $= 0$ ), o sea la proporción entre el número del intervalo de tiempo y del intervalo de espacio, es absoluta.

Relatividad es relación, una proporción que permanece idéntica a través de los cambios (las duraciones y longitudes relativas), que es «sustancial» en algún sentido. La transformación de Lorentz vincula  $S$  y  $S'$  ( $t' = t[\gamma]$ ,  $x' = x[\gamma]-1$ , etcétera). La «distancia de Minkowski» vincula todas las variantes, la proporción entre el intervalo de tiempo y el intervalo de espacio en todos los sistemas de referencia posibles, de modo que las relaciones entre eventos en el espacio-tiempo son absolutas.

## Conclusión

Heidegger sostiene que ningún intento serio de pensar el tiempo puede pasar por alto *Física*  $\Delta$  10-14 (2000b: 283). La teoría de la relatividad resulta hoy igualmente insoslayable. No hay duda de que algunos de sus más interesantes matices aparecen a la luz de la historia de la filosofía. Asimismo, como en un juego de espejos, la teoría de la relatividad proyecta nueva luz sobre el problema del tiempo en filosofía. Aristóteles ya descubre un modo de proto-relatividad cuando dice que el tiempo es algo relacionado al movimiento y se pregunta por el grado de dependencia respecto del alma que mide. Agustín radicaliza el vínculo entre tiempo y alma. La idea de tiempo absoluto surge con Newton. Kant concebía el tiempo como una forma *a priori* de la intuición subjetiva-trascendental y Leibniz se inclina ya por una concepción relacional de espacio y tiempo.

No es un desacierto plantear que a Einstein le ocupa el «tiempo del reloj». A la física fundamentalmente le interesa contar con el tiempo como concepto operativo, instrumental; es un número que se obtiene de una ecuación (transformación de Lorentz) y que permite el cálculo relativista de la masa, la energía, el impulso, etcétera. Sin embargo, no se puede menospreciar la teoría de la relatividad diciendo que únicamente interesa cómo fijar un método seguro para la medición (relativa) del tiempo, o que no modifica en nada la comprensión vulgar del tiempo entendido como secuencia de horas. Con la relatividad se desvanece la metáfora del tiempo como un flujo de instantes, ya sea que se tome el ahora-presente como una especie de receptáculo temporal que abarca la totalidad del ente y que marcha en dirección al futuro, o bien como un ahora-presente estático por el que atraviesa todo lo que existe, en dirección al pasado.

La teoría de la relatividad especial, por su naturaleza radicalmente contra-intuitiva, rompe con la comprensión vulgar o «natural» e inmediata del tiempo. «Dilatación del tiempo» y, sobre todo, «difracción del ahora» (falta de simultaneidad a distancia) son dos fenómenos que ponen de manifiesto un quiebre en la nueva imagen del mundo natural (post-newtoniano) respecto de los principios de la lógica y la ontología tradicionales (fijados por Aristóteles en *Metafísica*



$\Gamma$ ), es decir, de los principios de no-contradicción y tercero excluido. En efecto, de la igualdad de derechos de los sistemas de referencia, establecida por la relatividad, se sigue la posibilidad de considerar dos eventos como simultáneos y sucesivos. La relatividad especial ha dado lugar a planteos metafísicos como la posibilidad de múltiples tiempos; un mismo evento puede ocurrir en tiempos diferentes, o inclusive encontrarse presente en un marco de referencia y ausente en otro. Por otra parte, si bien Einstein se consideraba realista (frente a la mecánica cuántica),<sup>8</sup> la relatividad del tiempo significa que no hay tiempo objetivo, entendido como un flujo de instantes independientes. Diversos experimentos han demostrado que la dilatación del tiempo no es aparente ni algo puramente «mental» o subjetivo. ¿Cuál es, pues, el estatuto ontológico del tiempo relativista?

En segundo lugar, la teoría de la relatividad general demuestra ser mucho más que el descubrimiento del carácter local de la *ratio* del pulso del tiempo: es una nueva teoría de la gravedad, que pasa de ser considerada una «fuerza» de acción a distancia (comprensión «vulgar» de la gravedad) a ser tratada como manifestación fenoménica de la curvatura del espacio-tiempo.

Esta idea no tiene precedentes en la historia de la filosofía. La relatividad general da cuenta de fenómenos cósmicos como la curvatura de la luz y la precesión del perihelio de Mercurio, este último inexplicable a partir de la gravedad de Newton. De la solución de la ecuación de campo de Einstein surgen las hipótesis de los agujeros negros, el *big bang* y la expansión del universo, todo lo cual genera la necesidad de un replanteamiento de preguntas netamente filosóficas acerca del origen y destino del universo y la naturaleza del espacio-tiempo.

Cuando, en 2016, los científicos de LIGO anunciaron la detección de ondas gravitacionales (perturbaciones u ondas de espacio-tiempo) provocadas por la colisión de dos agujeros negros de masas ingentes (acontecida hace 1,3 billones de años), apuntaron con gran entusiasmo a que, desde ahora, la ciencia tendría a disposición un eficaz dispositivo para «escuchar» el universo. Cualquiera que haya

8 Sobre la cuestión del realismo en Einstein, cfr. Fine (1986) y Howard (1993).

dedicado tiempo suficiente al estudio del *Timeo* tiene presente que la idea de la música del cosmos es una arcaica novedad, tal como el *ritornello* de los agujeros negros y el eco del big bang, que aún resuena tenuemente en el fondo cósmico de microondas.

Ahora, por lo que respecta a la «crítica» de Heidegger, no hay que pasar por alto que uno de los objetivos provisorios de la analítica del *Dasein*, puesta en marcha en *Ser y tiempo*, es hacer explícito el origen de la concepción del tiempo como secuencia irreversible de ahora en la temporalidad horizontal-extática. A Heidegger le interesa, en todo caso, explicitar el fundamento ontológico-existencial del concepto de tiempo como número –surgido con Platón y Aristóteles y aún vigente en relatividad– a partir del horizonte temporal de la finitud como «precursor» (*vorlaufend*) ser-para-la-muerte.<sup>9</sup>

Para Heidegger, la irreversibilidad del tiempo no tiene su fundamento último ni en la prioridad de la causa sobre el efecto (ni del acto sobre la potencia), ni en la estadística y la probabilidad, como plantea la explicación termodinámica de la flecha del tiempo.

La interpretación vulgar caracteriza el flujo del tiempo como un «uno tras otro» *irreversible*. ¿Por qué es el tiempo irreversible? La imposibilidad de la inversión tiene su fundamento en el proceder el tiempo público de la temporalidad, cuya temporación, primariamente advenidera, «marcha» extáticamente a su fin de tal forma que ya es el fin. La caracterización vulgar del tiempo como una secuencia de ahora irreversible y que pasa sin fin brota de la temporalidad del «ser ahí» que cae (Heidegger, 1974: 459).

Por otro lado, resulta llamativo el que, en *Aportes a la filosofía*, y fundamentalmente en la conferencia de 1962 *Tiempo y Ser* (2000a), la temporalidad triplemente extática cede su lugar al *espacio-tiempo de cuatro dimensiones* (y, por tanto, a la «cuaternidad» de cielo, tierra, divinos y mortales), como si una apropiación y remisión del

9 “No es cosa de entrar aquí en el problema de la *medición* del tiempo según la teoría de la relatividad. El aclarar los fundamentos ontológicos de esta medición supone haber aclarado el tiempo mundano y la intratemporalidad partiendo de la temporalidad del «ser ahí» e igualmente haber dilucidado la constitución temporal-existencial del descubrimiento de la naturaleza y del sentido temporal de la medición en general. Una axiomática de la técnica física de medir *pisa* sobre estas investigaciones y nunca puede por su parte desarrollar el problema del tiempo en cuanto tal” (1974: 450, n.1).

espacio-tiempo (intervalo) abstracto de la relatividad hubiera sido puesta efectivamente en marcha en el marco de la tematización de la historia del ser, lejos ya de la ontología fundamental. En esta historia, precisamente, el progreso de la ciencia y la técnica hacia el sometimiento total de la naturaleza encontraría su lugar en el estadio de radicalización del olvido del ser y la diferencia ontológica como progresiva reducción del ser al ente. Así, el progreso vertiginoso de la ciencia moderna podría ser visto como la aceleración de esta tendencia iniciada con la metafísica.

Se comprende, además, en el marco de esta interpretación de la esencia de la técnica, porqué Heidegger ve la teoría de la relatividad como una extensión de la metafísica y porqué el concepto originario de espacio-tiempo del «acontecimiento-apropiador» (*Ereignis*), irreducible al concepto «vulgar» de espacio-tiempo, es lo propio del «otro comienzo» y la superación de la metafísica —la cual, en su máxima expresión, es decir, consumada la historia del olvido del ser, sería acorde con una «teoría del todo»: una teoría cuántica de la gravedad (o gravedad cuántica) capaz de articular la interpretación del ente como espacio-tiempo y como dualidad onda-partícula.

Por otra parte, es real que actualmente la física teórica se maneja con un conocimiento pobre y, a veces, distorsionado de los pensadores de la tradición filosófica occidental que, con máximo esfuerzo, intentaron responder la pregunta por el tiempo. Por el contrario, Einstein, Heisenberg y Schrödinger, como Galileo y Newton, conocían la problemática filosófica y se sentían constantemente interpellados por ella en su quehacer científico. El desconocimiento actual se debe probablemente a que en las ciencias duras se han impuesto la ideología del progreso (que rompe acríticamente con el pasado y la tradición en bloque) y la visión positivista, unilateral, de la historia de la ciencia. Las revoluciones científicas se piensan a partir del tiempo entendido como una secuencia irreversible de descubrimientos (des-ocultamiento de la naturaleza). La ciencia avanza teleológicamente con la formulación de leyes universales. La técnica, como tecnología, se transforma incluso ella misma, en la medida que avanza y se supera, en parámetro absoluto de toda temporalidad. Platón y Aristóteles no están, en esta visión científicista, en el origen

del «olvido del ser», sino más bien en la prehistoria del método científico, en la infancia de la razón, aún no completamente desligada del mito (y) de la metafísica.

Pero nadie pretende negar ofuscadamente lo evidente: el colosal avance de la ciencia en el siglo XX. El legado vivo de la tradición filosófica occidental tampoco necesita realmente de ninguna defensa. De lo que se trata es de perseverar en la actitud filosófica ante el misterio recurrente del tiempo. El filósofo constata que no sabe qué es el tiempo, *cada vez que se lo pregunta*. Pero la pregunta por el tiempo no es un juego de ensayo y error, ni la falta de una respuesta definitiva es una señal de ineptitud y atraso de la filosofía, acaso tal vez sí un signo de la historicidad de las respuestas.

El filósofo no hace cálculos con el tiempo, más bien interpreta la historia del concepto de tiempo buscando respuestas. En ese sentido, la pregunta que este trabajo quisiera plantear es si la más reciente y revolucionaria «figura» del espacio-tiempo, se deja pensar como analogía, es decir: no como una identidad entre espacio y tiempo que anula toda diferencia, ni tampoco como una mera similitud que permite hablar en términos metafóricos de *distancias* temporales, sino como una proporción que determina «cómo» vienen a la presencia y se manifiestan (orden temporal y relación causal) los eventos del mundo que nos es dado conocer.

## Referencias bibliográficas

- Aristóteles. (1970). *Metafísica*. Madrid: Gredos.
- Aristóteles. (2007). *Ética nicomáquea*. Buenos Aires: Colihue.
- Aristóteles. (2009). *Categorías*. Buenos Aires: Colihue.
- Aristóteles. (2012). *Física* (L. III-IV). Buenos Aires: Biblos.
- Bergson, H. (2005). *Duración y simultaneidad (A propósito de la teoría de Einstein)*. Buenos Aires: Ediciones del Signo.
- Bowin, J. (2009). "Aristotle on the Order and Direction of Time". *Apeiron*, (42) 1, p49-78. DOI: 10.1515/APEIRON.2009.42.1.33

- Cassirer, E. (2001). *Zur Einsteinschen Relativitätstheorie*. Hamburg: Felix Meiner Verlag.
- Cleary, J. (2010). *Aristóteles. Acerca de los múltiples sentidos de prioridad*. Buenos Aires: Colihue, 2010.
- Corish, D. (1976). "Aristotle's Attempted Derivation of Temporal Order of that of Movement and Space", *Phronesis* (21)3, p. 241-251. DOI: 10.1163/156852876X00165
- Craig, W. L. (2001). *Time and the Metaphysics of Relativity*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Earman, J. (1989). *World enough and space-Time*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Einstein, A. (1918). "Dialog über Einwände gegen die Relativitätstheorie". *Die Naturwissenschaften*, 48, p697-702.
- Einstein, A. (1998). *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*. Madrid: Atalaya.
- Einstein, A. (2005). "Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento". Disponible en: [https://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/jcuevas/Teaching/articulo-original.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jcuevas/Teaching/articulo-original.pdf). Última consulta: [15/03/2017].
- Feynman, R. (1998). *Física I. Volumen, radiación y calor*. Ciudad de México: Addison Wesley y Longman.
- Fine, A. (1986). "Einstein's Realism". En: *The shaky game: Einstein, Realism, and the Quantum Theory*, p. 86-111. Chicago: University of Chicago Press.
- Friedman, M. (1983). *Foundations of space-time theories. Relativistic Physics and philosophy of science*. Princeton: University Press.
- Greene, B. (2004). *The fabric of the cosmos: Space, time and the texture of reality*. New York: KNOPE.
- Hawking, S. (2006). *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*. Buenos Aires: Crítica.
- Heidegger, M. (1974). *Ser y tiempo*. México: Fondo de cultura económica, trad. J. Gaos.
- Heidegger, M. (1989). *Unterwegs zur Sprache*. Pfullingen: Neske.
- Heidegger, M. (1999). *El concepto de tiempo* J.A Escudero, trad. (Conferencia). Madrid : Trotta.
- Heidegger, M. (200a). *Tiempo y ser*. M. Garrido; vv.aa., trad. Madrid: Tecnos.
- Heidegger, M. (2000b). *Los problemas fundamentales de la fenomenología*. J.J. García Norro, trad. Madrid: Trotta.
- Heidegger, M. (2001). *Aportes a la filosofía. Acerca del evento*. D.V. Picotti C., trad. Buenos Aires: Biblos.

- Heidegger, M. (2009a). *El concepto de tiempo en la ciencia histórica. Tiempo e historia*. J.A. Escudero, trad. Madrid: Trotta.
- Heidegger, M. (2009b). *El trabajo de investigación de Wilhelm Dilthey y la actual lucha por una concepción histórica del mundo. Tiempo e historia*. J.A. Escudero, trad. Madrid: Trotta.
- Heidegger, M. (2013). *Seminarios de Zollikon*. A. Xolocotzi Yañez, trad. México: Herder.
- Howard, D., “Was Einstein really a realist?” *Perspectives on science: historical, philosophical, social*, vol. 1, 1993, p. 204–251.
- Laue von-, M., “Zwei Einwände gegen die Relativitätstheorie und ihre Widerlegung”, *Physikalische Zeitschrift*, vol. 13, 1912, p118-120. <https://archive.org/details/ZweiEinwaendeGegenDieRelativitaetstheorieUndIhreWiderlegung>. Consultado el 15 de Marzo de 2017.
- Minkowski, H. (1908). “Raum und Zeit”. En *Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 18, p75-88. Disponible en: <http://www.math.nyu.edu/~tschinke/papers/yuri/14minkowski/raum-und-zeit.pdf>. [Última consulta: 30/09/2017].
- Platón. (2007). *Diálogos VI: Filebo, Timeo, Critias, Cartas*. Madrid: Gredos.
- Reichenbach, H. (1920). *Relativitätstheorie und Erkenntnis a priori*. Berlin: Springer.
- Reichenbach, H. (1924). “Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre”. *Die Wissenschaft*, 72.
- Reichenbach, H. (1928). *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*. Berlin: Springer.
- Reichenbach, H. (1957). *The Philosophy of Space & Time*. Nueva York: Dover.
- Reichenbach, H. (1965). *The theory of relativity and a priori knowledge*. Berkeley; Los Angeles: University of California Press.
- Reichenbach, H. (1969). “Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre”. *Die Wissenschaft*, 72. *Axiomatization of the theory of relativity*. Berkeley; Los Angeles: University of California Press.
- Reichenbach, H. (1979). *Die philosophische Bedeutung der Relativitätstheorie*. Brunschweig: Vieweg.
- Sánchez Ron, J.M. (1983). *El origen y desarrollo de la relatividad*. Madrid: Alianza.
- Schlick, M. (1917). *Raum und Zeit in den gegenwärtigen Physik. Zur Einführung in das Verständnis der allgemeinen Relativitätstheorie*. Berlin: Springer.
- Schlick, M. (1920). *Space and Time in Contemporary Physics: An Introduction to the Theory of Relativity and Gravitation*. Londres y Nueva York: Oxford University Press.
- Sklar, L. (1977). *Space, Time and Spacetime*. Berkeley: University of California Press.

- Sklar, L., (1985). *Philosophy and Spacetime Physics*. Berkeley: University of California Press.
- Smart, J.C. (1964). *Problems of space and time*. New York: Macmillan Publishing Company, 1964.
- Taylor, E.F.; J.A. Weehler, *Exploring Black Holes: An Introduction to General Relativity*, New York: Prentice Hall, 2000.
- Tipler, P.; R. Llewellyn. (2008). *Modern Physics* New York: H. W Freeman and Company.
- Vigo, A. (2006). *Estudios aristotélicos* Navarra: Eunsas.