La espacialización del tiempo. La interpretación bergsoniana de la Teoría de la Relatividad de Einstein*

The Spatialization of Time. The Bergsonian Interpretation of Einstein's Theory of Relativity

José Antonio Pardo Oláguez†

Resumen

Bergson sostuvo que la inteligencia humana espacializa inevitablemente el tiempo: incapaz de aprehender la duración genuina, la reduce a relaciones espaciales fijas. Afirmó además que la relatividad de Einstein cierra el ciclo de la inteligencia, pues demostraría que la física trata exclusivamente con relaciones simbólicas. Este artículo examina y refuta dicha interpretación y muestra que el mismo error de fondo reaparece, con otro diagnóstico, en la reconstrucción positivista lógica del mismo episodio histórico. Primero, la lectura bergsoniana confunde efectos físicos genuinos con ilusiones de perspectiva, error patente en su resolución equivocada de la paradoja de los gemelos, donde concluye que los gemelos habrán envejecido por igual al reunirse. Segundo, el paso a la relatividad general no disuelve en mera convención toda estructura espacio-temporal objetiva; al contrario, preserva una geometría del espacio-tiempo objetiva cuya métrica invariante determina la tasa real de envejecimiento de los sistemas físicos. Las transformaciones de Lorentz expresan hechos objetivos, no convenciones simbólicas. Un realismo científico moderado respecto del espacio-tiempo relativista es, por tanto, coherente y está bien fundado.

Palabras clave: Bergson - teoría de la relatividad - Einstein - tiempo - realismo científico

Abstract

Bergson argued that human intelligence inevitably spatializes time: unable to grasp genuine duration, it reduces temporal flow to fixed spatial relations. He further claimed that Einstein's theory of relativity closes the cycle of intelligence, demonstrating that physics deals exclusively with symbolic spatial relations rather than real temporal becoming. This article examines and refutes that interpretation, and shows that the same misreading recurs, with a different diagnosis, in the logical positivist account of the same historical episode. First, Bergson's reading of special relativity conflates genuine physical effects with mere perspectival illusions—an error made vivid by his mistaken resolution of the twin paradox, where he concludes that reunited twins must have aged equally. Second, the transition to general relativity does not dissolve all objective spatiotemporal structure into mere convention; on the contrary, it preserves an objective spacetime geometry whose invariant metric determines the real, frame-independent rate at which physical systems age. The Lorentz transformations express objective facts, not symbolic conventions. A modest scientific realism about relativistic spacetime is therefore both coherent and well-motivated.

Keywords: Bergson - theory of relativity - Einstein - time - scientific realism

* Recibido: 3 de marzo de 2026. Aceptado con revisiones: 26 de agosto de 2026.

† Universidad Iberoamericana, México. Para contactar al autor, por favor, escribir a: jose.pardo@ibero.mx.

Metatheoria 17(1)(2026): 15-26. ISSN 1853-2322. eISSN 1853-2330.

© Editorial de la Universidad Nacional de Tres de Febrero.
© Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.
Publicado en la República Argentina.

1. Introducción

Bergson profesó una especie de anti-realismo científico, pero complementado con un realismo metafísico. La ciencia, por ser actividad orientada a la práctica y no a la contemplación, aspiraría sólo a una descripción manipulable del mundo, no a una descripción verdadera —en este punto se trata de un anti-realismo científico—; la "intuición", en cambio, penetraría en el interior de las cosas y nos ofrecería, desde dentro de ellas, el conocimiento de cómo es el mundo en realidad —en este otro punto se trata de un realismo metafísico—. Por lo que atañe a la física, dado que la realidad es esencialmente temporal, y dado que la inteligencia, instrumento de la ciencia física, por estar orientada a la acción, sólo captura de la realidad cambiante sus elementos de fijeza e inmovilidad, entonces a la física se le escapa la esencia de lo real. Para orientarse bien en la acción, descuidando, empero la realidad profunda, la inteligencia recurre a la "espacialización del tiempo", es decir, contempla al tiempo como un análogo del espacio y, de este modo, termina atribuyéndole propiedades —la fijeza, la inmovilidad— que no le conciernen en cuanto tiempo. Bergson recurre a la teoría de la relatividad de Einstein como argumento a favor de esta tesis suya: despojada de sus interpretaciones metafísicas, la relatividad mostraría que la inteligencia habría cerrado su propio ciclo de reducir el tiempo al espacio.

La tesis que aquí se defiende puede formularse de manera compacta. Bergson yerra doblemente al interpretar así la relatividad. Yerra, primero, respecto de la relatividad especial, al confundir efectos físicos genuinos —la dilatación temporal, la contracción de las longitudes— con meras ilusiones de perspectiva análogas a las de la representación pictórica; error que se vuelve manifiesto en su fallida resolución de la paradoja de los gemelos, donde concluye que ambos gemelos envejecen por igual. Yerra, segundo, respecto de la relatividad general, al sostener que ésta lleva a cabo la eliminación de toda estructura absoluta de la física; por el contrario, la relatividad general preserva una geometría espacio-temporal objetiva, cuya métrica invariante determina la tasa real, no convencional, de envejecimiento de los sistemas físicos. Este doble error no es idiosincrático de Bergson: reaparece, con otro diagnóstico, en la reconstrucción que el positivismo lógico ofrece del mismo episodio histórico, según la cual el paso a la relatividad general habría consistido igualmente en disolver toda estructura absoluta en meras relaciones. La crítica al anti-realismo bergsoniano y la crítica a esa lectura positivista de la relatividad son, pues, dos empresas solidarias: mostrar que las transformaciones de Lorentz y la métrica del espacio-tiempo expresan hechos objetivos, no convenciones simbólicas, y que un realismo científico moderado respecto del espacio-tiempo relativista es, por ello, tan coherente como bien fundado.

El argumento se despliega en cinco pasos. Se expone, primeramente, el anti-realismo bergsoniano respecto de las ciencias que versan sobre el tiempo. Se reconstruye, en seguida, la interpretación que Bergson ofrece de la relatividad especial, para mostrar en qué sentido pretende que ella respalda su tesis sobre la inteligencia. Se examina, tercero, el error específico en que incurre al resolver la paradoja de los gemelos, error que comparte con la interpretación positivista. Se muestra, cuarto, por qué la transición hacia la relatividad general no colma, como Bergson y el positivismo lógico suponen, el propósito de eliminar el movimiento —no lo hace justo en la medida en que preserva estructuras geométricas objetivas que determinan la dinámica de los cuerpos—. Finalmente, se hacen precisiones acerca del alcance del realismo científico moderado que subyace a la exposición.

Conviene, antes de proseguir, despejar el terreno de una discusión próxima pero distinta: la de si la relatividad implica la teoría del universo bloque, según la cual el tiempo sería una mera ilusión. No es ése el objetivo de este artículo. Considero, eso sí, que depende de una lectura equivocada suponer que sí lo hace, una lectura cuyo defecto sería que de ser el correcto, entonces resultaría que cualquier teoría física estaría comprometida con la teoría del universo bloque. Desde luego que esta última conclusión

sería bien apreciada por Bergson, pero no por los promotores de la teoría del universo bloque. Como sea, no es verdad que la teoría de la relatividad sugiera que las cosas no envejecen. Y como sea, como dije es una discusión independiente.

2. El anti-realismo bergsoniano

Adoptaré en lo que sigue la caracterización del realismo científico que ofrece van Fraassen: "La ciencia aspira a darnos, en sus teorías, una descripción literalmente verdadera de cómo es el mundo, y la aceptación de una teoría científica envuelve la creencia de que es verdadera" (van Fraassen 1980, p. 8). La postura de Bergson frente a esta caracterización puede parecer vacilante: en un lugar afirma que tanto la ciencia como la filosofía "pueden tocar el fondo de la realidad" (Bergson 1938, p. 33); en otro, que las ideas abstractas de la ciencia son incapaces de sustituir "a la investigación metafísica del objeto en lo que éste tiene de esencial y de propio" (Bergson 1938, p. 187). La dicotomía que subyace a ambas afirmaciones distingue dos maneras de conocer un objeto: la de la ciencia, que "da vueltas alrededor de él" y se detiene en lo relativo, y la de la intuición filosófica, que "entra en él" y alcanza, cuando puede, lo absoluto (Bergson 1938, p. 178).

Pero cuando el objeto de la ciencia es temporal la postura de Bergson deja de ser vacilante: es llanamente anti-realista. Quizá Bergson insinúe realismo respecto de las teorías científicas que versan sobre lo espacial, pero en cuanto éstas tratan con lo temporal y lo móvil —como ocurre necesariamente con la física—, entonces las juzga "una imitación malograda, una falsificación del movimiento real" (Bergson 1938, p. 205). Atenidos a lo anterior, ninguna física —ni la clásica, ni la termodinámica, ni la cuántica, ni la relativista— podría calificarse de realista, pues ninguna se restringe a las relaciones puramente espaciales entre los objetos.

El fundamento de este diagnóstico es una teoría evolucionista de la inteligencia. La inteligencia, por ser producto de la evolución, estaría orientada no a la especulación desinteresada, sino a la acción: busca en un objeto "aquello que nosotros debemos hacer con él" (Bergson 1938, pp. 198-199), y por ello mismo, se concentra ante todo en las relaciones fijas e invariantes, pues sólo allí es donde la acción encuentra apoyo. Bergson advierte, contra la tradición que va desde Aristóteles hasta la física moderna —la cual discurre bajo el supuesto de que eliminar el coeficiente de subjetividad en el conocimiento arroja relaciones de simetría (Nozick 2001, p. 75)—, que esta búsqueda de invariancia no es señal de búsqueda de objetividad ni de realidad, sino simplemente del modo *práctico* de operar de la inteligencia: "nos instalamos de ordinario en la inmovilidad [...] y pretendemos recomponer la movilidad con ella. Obtenemos así sólo una imitación malograda [...] del movimiento real" (Bergson 1938, p. 205). La ciencia, en cuanto extensión y refinamiento de la inteligencia, hereda esta misma orientación: "el entendimiento [...] termina en el simbolismo científico" (Bergson 1938, pp. 219-220).

Este diagnóstico se apoya, además, en una antropología dualista: el cuerpo, sujeto a las presiones evolutivas de la supervivencia, está ligado esencialmente al espacio; el alma, en cambio, a la duración. Las herramientas conceptuales forjadas para satisfacer las necesidades corporales son, por ello mismo, realistas en tanto se atienen a lo espacial, pero se tornan mero *conocimiento simbólico* en cuanto se desvían hacia la temporalidad del alma. Con todo, el propio Bergson atenúa este dualismo: para él no hay objeto espacial que no dure, y la materia circundante es solidaria de nuestra duración consciente (Bergson 1938, p. 56). Esto ya es problemático, pues las asimetrías entre lo espacial y lo temporal que Bergson quiere establecer tendrían que desvanecerse tan pronto se admite que también el espacio ha de recibir atributos temporales —que es precisamente lo que está detrás de la teoría de la relatividad. Bergson, sin embargo, permanece atado a la tesis de que la inteligencia se adhiere a una geometría sin resto alguno de temporalidad, e insiste en que el logro de Einstein consiste justamente en haber logrado aislar esa esfera espacial pura.

3. La interpretación bergsoniana de la teoría de la relatividad

Hay un punto que la literatura secundaria sobre el encuentro entre ambos pensadores suele describir de manera que lleva a la confusión (Canales 2020). Einstein profesó un hondo desprecio hacia el pensamiento de Bergson; pero ese desprecio no fue nunca correspondido, porque Bergson jamás intentó refutar los postulados científicos de Einstein. El error que después se le atribuyó a Bergson —sostener que el tiempo no se altera en función de la velocidad de un sistema (Canales 2020, pp. 41-42)— no nace, pues, de una disputa sobre la validez de la relatividad. Bergson acepta la teoría cabalmente. Pero, además, pretende usarla como argumento a favor de una de sus tesis centrales, a saber, que la inteligencia no puede ocuparse del tiempo sin desvirtuarlo. La tesis de que la relatividad culmina la espacialización del tiempo no es, para él, un reproche contra la teoría de la relatividad, sino la prueba de que la inteligencia se ocupa sólo, porque es lo único que puede hacer, de "estudiar las relaciones entre datos visuales en el espacio homogéneo" (Bergson 1922, p. 43). Canales, por ejemplo, plantea que la relación entre Einstein y Bergson es la de la confrontación entre la teoría de la relatividad de uno contra la filosofía de la duración de otro, pero en realidad se trató del mal uso de la teoría de la relatividad para apuntalar una tesis filosófica, de modo que a Bergson le *convenía* que la teoría de la relatividad fuera correcta —aunque, desde luego, tal como él la entendía.

Revisemos los rasgos generales de la interpretación bergsoniana de la teoría de la relatividad. Einstein comentó que "el experimento Michelson-Morley tuvo un efecto negligible en el descubrimiento de la relatividad" (Polanyi 2015): el impulso decisivo le vino, más bien, de la intuición, a sus dieciséis años, de que ningún observador podría jamás alcanzar un rayo de luz y verlo en reposo (Einstein 1970, p. 52). Esto lo sabe Bergson. Aun así, comienza su exposición con el experimento. La razón es que le interesa mostrar con claridad qué aspectos de la teoría corresponden a la experiencia y cuáles son fruto de la creatividad teórica.

El experimento de Michelson-Morley, en su forma más conocida, muestra que dos rayos de luz lanzados perpendicularmente en un interferómetro llegan siempre de manera simultánea a su punto de destino, pese a que, dado el movimiento de la Tierra, cabría esperar trayectorias de longitud distinta. El rayo que se desplaza de manera perpendicular a la trayectoria de la tierra recorre la trayectoria de un triángulo isóceles. Si l representa la longitud de cada uno de los brazos del interferómetro y v la velocidad de la Tierra y la velocidad de los rayos de luz es constante, c, se tiene que la distancia recorrida, tomando como punto de referencia fijo el punto en el espacio absoluto (en el éter) en que comenzó el experimento, es equivalente a $\frac{2lc}{\sqrt{c^2-v^2}}$. En cambio, el rayo que se desplaza en la misma dirección que la de la Tierra recorre una línea recta cuya magnitud equivalente a $\frac{2lc^2}{c^2-v^2}$. Para explicar por qué, avanzando a una misma velocidad, ambos rayos alcanzan simultáneamente el mismo punto, siendo que recorrieron trayectorias distintas, Lorentz postuló que el espacio que recorre el interferómetro conforme a la dirección de la Tierra *se encoge*. Es decir, la razón por la cual llegan al mismo punto de manera simultánea viajando a la misma velocidad es porque en realidad recorren la misma distancia, a saber $\frac{2lc}{\sqrt{c^2-v^2}}$.

Sin embargo, la velocidad de la luz es constante no solo desde el punto de vista del observador fijado en el éter, sino también desde el punto de vista de quien se está desplazando en la Tierra. Es decir, para el observador fijo en el éter es claro por qué, viajando a la misma velocidad alcanzan simultáneamente el mismo punto: están recorriendo la misma distancia. Pero si la distancia se encoge y el observador observa que ambos rayos de luz llegan simultáneamente al mismo punto, entonces tendría que registrar que la velocidad de la luz aumentó, pues habría recorrido menor distancia en el mismo tiempo. Esto no es así porque este fenómeno de encogimiento afecta también a los instrumentos de medición del observador terrestre, por lo cual el efecto de encogimiento le resulta imperceptible a éste. El observador fijo, pues, y no el terrestre, es el que detecta el encogimiento del espacio. Pero también detecta que el observador terrestre, al medir la velocidad de luz concluye que el valor de ésta es c. Es decir, detecta que el observador terrestre registra en su reloj que el intervalo de tiempo que le llevó al rayo de luz recorrer

de ida y vuelta el brazo del interferómetro es $\frac{2l}{c}$. Pero al mismo tiempo sabe el observador fijo, desde su perspectiva, que la distancia que ha recorrido la luz no corresponde a $2l$, sino a $\frac{2lc}{\sqrt{c^2-v^2}}$; es decir, sabe que lo que está marcando el reloj no es $\frac{2l}{c}$, sino $\frac{\frac{2lc}{\sqrt{c^2-v^2}}}{c} = \frac{2l}{c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$. Resulta, entonces, que, para ese observador fijo, el reloj del observador terrestre avanza más lentamente que el suyo, a saber, en una razón de $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$. No es solamente, desde la perspectiva de un observador fijo que el espacio se encoja, sino también que el tiempo se ralentiza.

De ahí las transformaciones de Lorentz, que preservan invariable la velocidad de la luz al vincular las variaciones espaciales y temporales entre un marco inercial y otro; y de ahí también la relatividad de la simultaneidad, pues sincronizar dos relojes distantes mediante señales luminosas —haciendo que un rayo vaya y vuelva entre dos observadores— arroja resultados distintos según el marco desde el cual se calcule el punto medio del trayecto.

A partir de lo anterior, Bergson resume estos resultados, a los que llama "relatividad restringida", en tres puntos:

1º Todas las longitudes de *S'* se han encogido en el sentido de su movimiento. La nueva longitud es equivalente a la antigua según la proporción de $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ a la unidad.

2º El tiempo del sistema se ha dilatado. El nuevo segundo es equivalente a la antigua según la proporción de la unidad a $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$.

3º Lo que era simultáneo en el sistema *S* se ha vuelto generalmente sucesivo en el sistema *S'*. Solamente permanecen contemporáneos en *S'* los eventos contemporáneos en *S* que se sitúan en un mismo plano perpendicular a la dirección del movimiento. Otros dos eventos cualesquiera, contemporáneos en S, están separados en *S'* por $\frac{lv}{c^2}$ segundos del sistema *S'*, si se designa como *l* a su distancia contada sobre la dirección del movimiento de su sistema, es decir a la distancia entre los dos planos, perpendiculares en esta dirección, que pasan respectivamente por cada uno de ellos (Bergson 1922, pp. 20-21

Por otra parte, el tránsito hacia la "relatividad generalizada" consiste, a su juicio, en eliminar el éter y, con él, cualquier punto de referencia objetivamente fijo: "no hay nada que cambiar en las ecuaciones que acabamos de establecer [...] solamente estas contracciones de extensión, estas dilataciones del tiempo, estas rupturas de simultaneidad se harán recíprocas de manera explícita" (Bergson 1922, p. 33). Si ninguna perspectiva es absoluta, razona Bergson, entonces no tiene sentido decir que alguna de las magnitudes en pugna es la real: desde S, es S' quien se contrae y se ralentiza, pero desde *S'* ocurre exactamente lo simétrico, "pues si ya no hay éter, tampoco fijación absoluta en ninguna parte" (Bergson 1922, p. 36).

De ahí que Bergson proponga entender las transformaciones de Lorentz por analogía con la perspectiva visual. Cuando un objeto se va alejando dentro de nuestro marco visual aproximándose al punto de fugas, *parece* que su tamaño disminuye, pero en realidad su tamaño no se altera en absoluto. Dicho objeto parece disminuir de tamaño desde el punto de vista de nuestra perspectiva, pero si la perspectiva se abre desde la ubicación de ese objeto que se va alejando, somos nosotros mismos los que parece que disminuimos de tamaño. Del mismo modo, cuando un sistema físico *S'* se va alejando a

velocidad constante en línea recta del sistema físico *S*, se genera la apariencia de que los intervalos espaciales y temporales se alteran y que los eventos simultáneos se descuadran.

Lo ilustra con la imagen de un pintor que retrata a dos personajes, uno cercano y otro lejano, reduciendo a éste a la talla de un enano sin que ello suponga que en realidad haya encogido: "mientras más grande sea la velocidad, más *lejano* está de mi inmovilidad. Es esta mayor o menor *distancia* de su velocidad lo que expreso [...] cuando cuento en ellos tiempos más o menos lentos" (Bergson 1922, pp. 100-101). Aquí se delata, de manera perspicua, el defecto de la interpretación bergsoniana; pero antes de examinarlo conviene explicar por qué piensa Bergson que ella respalda y refuerza su tesis sobre la inteligencia.

4. El cumplimiento del proyecto cartesiano

¿Por qué piensa Bergson que la relatividad, así interpretada, es un argumento a favor de su propia filosofía? La inteligencia, para él, es una herramienta forjada por la evolución para tratar con el espacio, que es la entidad esencialmente ligada al cuerpo; el espacio, a su vez, es un conjunto de relaciones fijas. Su concepción del tiempo es, en este sentido, newtoniana —de ahí que Einstein comentara, no sin sorna, lo curioso que le resultaba que Bergson sólo problematizara el tiempo y no también el espacio (Canales 2020, p. 448)—; pero es también una concepción leibniziana, en cuanto que para él las relaciones son entes de razón, dependientes de un proceso de simbolización: "la metafísica es la ciencia que pretende prescindir de símbolos" (Bergson 1938, p. 182). La ciencia, en cuanto extensión de la inteligencia, lleva ese proceso a su extremo: fija, mediante las transformaciones de Lorentz, qué relaciones permanecen constantes cuando ni los cuerpos ni los observadores están nunca quietos.

El logro de Einstein, sostiene Bergson, es haber demostrado, con la formulación del principio de relatividad recíproca, que la ciencia se ocupa exclusivamente de tales relaciones, y ya no, además, de una "realidad real" distinta de ellas: "Para la física [...] todo movimiento *debiera* ser relativo. Y sin embargo ciertos movimientos no *podían* serlo. Lo pueden ser ahora" (Bergson 1922, p. 43). Bergson encuentra en esto la culminación de un proyecto ya anunciado por Descartes, para quien el movimiento es siempre recíproco entre dos cuerpos que se separan (Descartes 1995, pp. 90-91). Esto lo defiende Descartes frente a H. Morus, quien niega que exista esta necesaria simetría: si dos cuerpos se separan es sólo quien sufre la fatiga del desplazamiento quien realmente se mueve (Bergson 1922, p. 37). Esta disputa ilustra, para Bergson, la diferencia entre la inteligencia —que sólo conoce movimiento relativo— y la intuición, capaz de detectar, por debajo de la reciprocidad aparente, un movimiento real y absoluto. Descartes, dice Bergson, "formuló un principio cuya demostración estuvo reservada a Einstein" (Bergson 1922, p. 40).

Falta, sin embargo, un paso: en la relatividad restringida el principio es todavía unilateral, porque los movimientos rotatorios —y las fuerzas centrífugas que los delatan— parecían atestiguar "un verdadero absoluto" (Bergson 1922, p. 42). Bergson insiste en que el tránsito hacia la relatividad generalizada consiste precisamente en relativizar también estos movimientos.

> Se podía todavía admitir la relatividad del movimiento en el caso de la traslación rectilínea no acelerada, pero la aparición de fuerzas centrífugas en el movimiento parecía atestiguar que se trataba de un verdadero absoluto [...]. Tal es la teoría que seguirá siendo la clásica hasta Einstein. [...] Ningún filósofo podía contentarse con el hecho de una teoría que tomaba la movilidad por una simple relación de reciprocidad solamente en el caso del movimiento uniforme, y por una realidad inmanente al móvil en el caso del movimiento acelerado. (Bergson 1922, p. 42)

Queda así perfilado completamente el marco de la interpretación bergsoniana: la inteligencia espacializa el tiempo porque lo reduce, sin resto, a relaciones fijas, y la relatividad generalizada sería la prueba científica definitiva de que en física no hay nada más que esas relaciones.

5. La paradoja de los gemelos

Vale la pena hacer llamar la atención sobre el hecho de que la interpretación bergsoniana de la teoría de la relatividad de ninguna manera fue idiosincrática. Creo que lo vale porque pensar que sí se trata de una interpretación idiosincrática refuerza el indeseable estereotipo, explotado por Canales, de un dramático conflicto entre sendas mentalidades, la científica y la filosófica; o, incluso, dentro de la misma filosofía, la fría de los filósofos positivistas y la cálida de los "continentales". En términos generales, la interpretación de Bergson no difiere demasiado de la del positivismo lógico. Es verdad que Reichenbach rechaza la tesis de que en la teoría de la relatividad se espacialice el tiempo; al contrario, para Reichenbach en la teoría de la relatividad el tiempo es más fundamental que el espacio. También es verdad que el positivismo lógico no muestra ni la más remota simpatía hacia la creencia de que existen intuiciones metafísicas. Sin embargo, lo único que estoy poniendo de relieve es que en lo que atañe a la interpretación de la teoría de la relatividad y sólo en ello, Bergson y el positivismo lógico comparten la misma orilla.

La interpretación positivista se puede ilustrar por medio de lo que, para el positivismo lógico, constituye el sentido del desarrollo histórico de la teoría de la relatividad. La física clásica hace uso del concepto de "movimiento absoluto", es decir, del movimiento de cuerpos en el marco de un espacio y un tiempo absolutos. Las ideas de espacio y tiempo absolutos habrían sufrido un profundo descrédito debido a objeciones como las de E. Mach. Este último se considera un poderoso influjo en el pensamiento de Einstein. De modo que la apuesta de Einstein, animada por cierto espíritu machiano, habría sido eliminar espacio y tiempo absolutos. La relatividad especial habría logrado eliminar uno y otro en la medida en que podríamos prescindir, en la física, de la distinción entre el estado de movimiento constante y el estado de reposo, pues todos los sistemas de referencia moviéndose a velocidad constante, la cual puede ser cero, son equivalentes: las leyes dinámicas permanecen invariables, incluso las del electromagnetismo, mediante las transformaciones de Lorentz, en las cuales queda disuelta la distinción entre reposo y movimiento no acelerado.

No obstante, la medida en que se pudo eliminar espacio y tiempos absolutos en la teoría especial no es aún la medida suficiente, pues en ella todavía se distingue, de manera absoluta, entre movimiento inercial y movimiento acelerado. Se supone que la teoría de la relatividad "superó este defecto mediante la eliminación de la distinción entre sistemas inerciales y sistemas acelerados [...] De acuerdo con el principio general de relatividad, todos los estados de movimiento son equivalentes" (Friedman 1983, p. 5).

Esta historia retrata en términos generales la propia interpretación de Bergson. También piensa el filósofo francés que el sentido de la historia del desarrollo de la teoría de la relatividad, hasta alcanzar su versión generalizada, fue eliminar cualquier estructura absoluta, para quedarse solamente con relaciones. Claro, Bergson, le abre cabida a las "estructuras absolutas", pero fuera de la ciencia, en la metafísica. El positivismo lógico, en cambio, les cierra por completo las puertas a dichas estructuras absolutas, pues para los positivistas la metafísica carece de valor epistémico. Pero, en cuanto a la interpretación de la teoría de la relatividad hay consenso: ella alcanzó a cumplir el proyecto cartesiano de eliminar el movimiento absoluto de la física.

No obstante, el desarrollo de la teoría de la relatividad en realidad no corresponde a esa historia contada desde el positivismo lógico. Comenta Friedman que "la teoría general de la relatividad [...] retiene la noción de movimiento absoluto (la aceleración y rotación absolutas) y lo concibe en términos de una geometría física espacio-temporal" (Friedman 1983, p. 30).[1] En el caso de la teoría especial, el famoso experimento de las cubetas de Newton, por medio del cual pretende éste demostrar la existencia

[1] El par de dictaminadores anónimos que evaluaron este trabajo señalan que es "engañoso" decir que la teoría de la relatividad retiene la noción de movimiento absoluto. Es comprensible la objeción, pero hago notar que quien afirma que "la teoría general de la relatividad [...] retiene la noción de movimiento absoluto" es Friedman.

de movimiento acelerado absoluto, se explica como un caso en el cual la cosmolínea (*Weltlinie*) de la superficie de la cubeta se curva en el espacio-tiempo de Minkowski. Pero la explicación de este experimento, en la teoría general, sigue siendo en cierto sentido la misma: una desviación de la trayectoria inercial, aunque es este caso la trayectoria inercial tiene una curvatura intrínseca (Malament 2012, p. 146).

Bergson se equivoca cuando concibe que el paso de la versión restringida a la generalizada de la relatividad consiste en la eliminación de la diferencia entre aceleración e inercia. Lo que establece el principio de equivalencia fuerte de la teoría general es que los fenómenos gravitacionales son inerciales, no que los movimientos inerciales y acelerado sean equivalentes (Maudlin 2012, p. 131ss). Se equivoca, entonces, cuando sostiene que la relatividad dio cumplimiento al proyecto cartesiano o que la relatividad termina reduciendo la física a relaciones fijas. No es que las ecuaciones de Lorentz no expresen relaciones fijas, sino que dichas relaciones son la expresión de un hecho físico, y no de uno meramente simbólico. No se trata hechos de perspectiva, sino estrictamente objetivos.

Esto se ilustra en la manera en que Bergson describe e intenta resolver la paradoja de los gemelos. Esta paradoja es bien conocida. Dos gemelos, uno de ellos asentado en la Tierra, el otro, viajando sobre una nave espacial que se desplaza a una velocidad cercana a la de la luz. Se trata de un caso en el que un sistema físico, el del gemelo viajero, se va alejando de otro, el gemelo sedentario, a una velocidad constante. De acuerdo con las ecuaciones de transformación de Lorentz, se espera que, desde la perspectiva del gemelo sedentario, el reloj del gemelo viajero irá avanzando más lentamente. Pero no es sólo que el reloj avance más lentamente, como si se hubiese descompuesto, sino que todo el sistema de la nave espacial, incluyendo al gemelo, habrá envejecido según el pulso del reloj ralentizado. Es la duración del sistema entero la que se ralentiza. Por lo tanto, cuando el gemelo viajero haya regresado a la Tierra tendrá que observar que su hermano gemelo envejeció más que él.

Bergson alega que esta paradoja en realidad no tiene por qué tener lugar. Sostiene que la conclusión, según la cual el gemelo viajero habría envejecido menos es fruto de una confusión, la de haber tomado el tiempo de las ecuaciones como el tiempo de la duración real. De acuerdo con Bergson, pues, no habría que concluir que al regresar a la Tierra el gemelo viajero envejeció menos, pues la ralentización del reloj del gemelo viajero es un efecto de perspectiva, el de la perspectiva del gemelo sedentario, pero en virtud de la reciprocidad de la relatividad, es el caso también que, desde la perspectiva del gemelo viajero, es más bien el reloj de gemelo sedentario el que se ralentiza. O, mejor dicho, no hay distinción real entre gemelo sedentario y gemelo viajero, también el ser uno u otro es asunto de perspectiva, de cuál de los estados físicos de cada uno se estipule como marco de referencia para los cálculos matemáticos. Al reencontrarse en la Tierra los gemelos caerán en la cuenta, dice Bergson, de que envejecieron igual.

Escribe Bergson: "Pierre y Paul, la Tierra y el proyectil, habrán vivido la misma duración y envejecido paralelamente" (Bergson 1922, p. 103). "Pierre" y "Paul" es el nombre que le pone Bergson a los gemelos de la paradoja. Y añade:

> Sus situaciones son idénticas; ellos viven uno solo y el mismo tiempo, pero se atribuyen recíprocamente un tiempo diferente de aquél y expresan así, según las reglas de perspectiva, que la física de un observador imaginario en movimiento debe ser la misma que la de un observador real en reposo. Luego, en la hipótesis de la reciprocidad se tiene tanta razón que el sentido común para creer en un tiempo único: la idea paradójica de los tiempos múltiples no se impone más que en la hipótesis de un sistema privilegiado. (Bergson 1922, p. 108)

Esto, en definitiva, es un error. A propósito, escribe Canales: "Comentaristas posteriores citaron la observación de Bergson de que "al volver [a la Tierra][el reloj] marcará la misma hora que el otro" como prueba de que no había entendido en absoluto la relatividad" (Canales 2020, p. 42). Maudlin hace referencia explícita a este error de interpretación, al que considera una confusión típica:

> En la relatividad, todo movimiento es el movimiento relativo de los cuerpos. Pero el movimiento relativo de A con respecto a B es exactamente el mismo que el movimiento relativo de B con respecto a A. De modo que sus situaciones físicas son exactamente las mismas. Por lo tanto, cuando ellos [los gemelos] se encuentren de nuevo, por simetría, sus relojes deberán de mostrar el mismo tiempo transcurrido. (Maudlin 2012, pp. 79-80)

Ahora bien, aunque es verdad que probablemente nadie, excepto Bergson, diría que cuando los gemelos se encuentren de nuevo habrán envejecido lo mismo, también es verdad, como dijimos, que la interpretación bergsoniana de la relatividad no difiere significativamente de la del positivismo lógico. Sucede que, para el positivismo lógico, es precisamente el hecho de que uno de los gemelos envejezca más que el otro lo que resulta paradójico de la historia de los gemelos. ¿Cómo es que, siendo el caso que todo movimiento es relativo y, por lo tanto, la situación de los gemelos simétrica, no envejecen los gemelos al unísono? La manera en que se ha intentado resolver la paradoja, formulada en estos términos, es apelar a la existencia de aceleración en uno de los gemelos y no en el otro, lo cual generaría cierta asimetría:

> Para que se junten y se pueda hacer la comparación, Pablo debe o detenerse al final del viaje y hacer una comparación de relojes, o más sencillo, volver, y el que vuelve tiene que ser el hombre que se estaba moviendo, y esto él lo sabe, porque tuvo que cambiar el sentido de su movimiento. Cuando cambió el sentido, todo tipo de cosas poco comunes sucedieron en su nave espacial —los cohetes se apagaron, las cosas se apretaron contra una pared, etc.— mientras que Pedro no sintió nada. Por lo tanto, la manera de exponer la regla es decir que *el hombre que sintió las aceleraciones*, el que vio las cosas caer sobre las paredes, etc., es el que va a ser menor" visto las cosas amontonarse contra una pared, etc., es el que sería el más joven. (Feynman 2018, p. 16)

Es temerario rivalizar en estos temas con Feynman, pero según Maudlin "todo en esta explicación está equivocado" (Maudlin 2012, p. 81). Maudlin exagera: no es verdad que "todo" en esa explicación esté equivocado. Aunque sí hay algo en la explicación de Feynman que hace que nos desviemos de lo que realmente está en juego. Sucede que, en cierto sentido, la interpretación de Feynman depende de la interpretación positivista, y por eso mismo no se enfoca en lo que resulta más importante, por lo menos desde el punto de vista filosófico, a saber, que lo que explica la asimetría de la situación de los gemelos es la existencia de sendas magnitudes espacio-temporales objetivas e invariantes.

Es verdad que entre el gemelo viajero y el gemelo sedentario hay una asimetría en términos de aceleración. Uno acelera y otro no. Pero el factor de aceleración no es lo que explica la asimetría en el proceso de envejecimiento de los dos gemelos. Maudlin alega que en el marco de la teoría general de la relatividad se podría plantear un escenario en el cual, debido a la curvatura del espacio-tiempo, extraña al espacio-tiempo de Minkowski, pudieran los dos gemelos reencontrarse sin necesidad de que el viajero haya tenido que desacelerar, hacer virar la dirección de la nave y volver a acelerar. Aun en ese caso, es el gemelo viajero el que habrá envejecido menos. Pero contra Maudlin cabe alegar, a favor de Feynman, que aun en este caso en que el gemelo viajero no tiene que dar la vuelta, en algún momento tuvo que acelerar para que su cosmolínea se apartara de la de su hermano, y eso genera una situación asimétrica entre ambos.

Feynman, a propósito, hace referencia al fenómeno de que los muones, cuando se mueven, viven más. Este fenómeno es relevante porque muestra experimentalmente, frente a Bergson, que el retardamiento del envejecimiento no es un asunto de perspectiva: es un hecho real y no una ilusión de perspectiva que los muones que atraviesan la atmósfera a velocidades cercanas a la de la luz envejecen menos rápido que los muones hechos en laboratorio, los cuales están más quietos que sus congéneres naturales. Feynman también hace alusión al hecho de que a los muones artificiales se los puede acelerar por medio de imanes, de modo que sigan una trayectoria circular. Estos muones artificiales duran más que los muones, también artificiales, a los que no se los pone a dar vueltas.

Empero, y a favor de Maudlin, lo cierto es que, aunque la aceleración sí es *causa eficiente* de la asimetría entre las situaciones de los gemelos, no es la magnitud de ella, de la causa eficiente, lo que da cuenta *de la razón de la tasa de envejecimiento del gemelo viajero*. Qué tanto menos envejezca el gemelo viajero no es calculable en función exclusiva de la aceleración sufrida por éste. Siguiendo con el uso del lenguaje aristotélico, la aceleración no es la causa formal de la asimetría. La causa formal de por qué el gemelo viajero *envejeció lo que envejeció* no es simplemente que haya acelerado, sino que dicha aceleración fue la causa eficiente de una trayectoria espacio-temporal cuya magnitud es distinta a la de la cosmolínea del gemelo sedentario. Es la magnitud de la trayectoria sobre la cosmolínea del gemelo viajero, trayectoria que está más cercana a la de las trayectorias luminoides de la superficie del cono de luz que lo que lo está la trayectoria del gemelo sedentario, lo que explica por qué aquél envejece menos que éste: la cosmolínea del gemelo viajero es más corta que la del gemelo sedentario. El proceso de envejecimiento, en particular su ritmo, es un fenómeno explicable en términos de longitudes espacio-temporales. La magnitud de estas longitudes, como vimos, no es un asunto de perspectiva. Hay realmente, según la relatividad, distintas trayectorias espacio-temporales, cada una de magnitud distinta. Hay, por lo mismo, ritmos de envejecimiento distintos perfectamente reales, ritmos de envejecimiento múltiples, cada uno tan real como el otro, pero, además, tales que su magnitud es objetiva e invariante bajo cambio de marco de referencia. Sea cierto o no lo que enseña la teoría de la relatividad, no es verdad que enseñe que no hay estructuras espacio-temporales objetivas. La teoría no es la culminación del proyecto cartesiano señalado por Bergson.

6. Espacio-tiempo

En la teoría de la relatividad se asevera la existencia de una magnitud invariable que no es una mera relación simbólica: esa magnitud corresponde a una estructura objetiva e invariante, el metrónomo que determina el ritmo de envejecimiento de las cosas. Objetar que la relatividad no explica *todos* los aspectos de la duración es hacer una objeción trivial —ninguna teoría tendría por qué explicar *todos* los aspectos de su objeto de estudio—; la objeción bergsoniana tiene que ser más fuerte: que ni siquiera da cuenta del ritmo de la duración, porque la estructura que postula para ello, el espacio-tiempo, no tuviera nada que ver con la duración, porque es puro espacio. Pero aquello es algo que sí hace.

El argumento de Bergson es el siguiente. Representar la duración por medio de una línea, asociando a cada punto un número real, supone un isomorfismo en virtud del cual cada instante, como cada punto de la línea, carece por sí mismo de extensión o duración; lo que debería hacer las veces de duración es la *sucesión* de esos instantes, pero representados como puntos en la línea aparecen yuxtapuestos, no sucedidos unos a otros. Al representar así la duración, se pierde lo que le es propio: "si hemos podido reemplazar la sucesión por una yuxtaposición, el tiempo real por un tiempo espacializado, lo *deviniente* por lo *devenido*, es porque conservamos en nosotros el devenir, la duración real" (Bergson 1922, p. 206). Es nuestra propia mente, al recorrer sucesivamente el trazo de la línea, la que engaña haciéndonos creer que hay sucesión en la línea misma, cuando en ella no la hay.

Bergson ilustra esto con la célebre comparación con el cinematógrafo: una serie de fotografías inmóviles, por más que se yuxtapongan, nunca producirá movimiento; éste sólo aparece porque la cinta se despliega en el aparato proyector (Bergson 1907, p. 179). Así también, sostiene, la representación matemática del tiempo no contiene movimiento alguno, sólo yuxtaposición: el movimiento viene de otra parte, de la mente que recorre la línea. Por eso mismo Bergson considera que la idea de Minkowski de una cuarta dimensión espacial no es más que el resultado natural de seguir la pendiente espacializadora de la inteligencia (Bergson 1922, p. 199).

Concebir al tiempo como representable por una línea continua es concebirlo, pues, como parte de una variedad espacio-temporal; y considerarlo parte de una variedad, dirá Bergson, equivale a

espacializarlo, porque una variedad es un espacio. Aquí, sin embargo, se esconde una equivocidad. Un espacio, en el sentido bergsoniano, es una yuxtaposición de puntos simultáneos, en la cual no se cumple la relación de *antes* y *después*; pero no tiene sentido decir que los puntos de una variedad espacio-temporal están yuxtapuestos de manera simultánea, pues una variedad, como estructura abstracta, no tiene definida ni la sucesión ni la simultaneidad. Es, en este sentido, tan válido afirmar que sus puntos están yuxtapuestos como que están puestos unos después de otros. Y es paradójico, además, que Bergson rechace la instantaneidad para definir la simultaneidad —prefiriendo la idea de simultaneidad de flujos (Bergson 1922, p. 67)— y sin embargo caracterice al espacio como yuxtaposición de instantáneas y no de flujos: si se abandona la simultaneidad instantánea, se abandona también la tesis de que una variedad espacio-temporal sea un espacio en ese sentido. Y en esto hay, más bien, coincidencia con la relatividad, para la cual la simultaneidad de instantes tampoco tiene sentido físico: concebir el espacio-tiempo como variedad es, precisamente, no concebirlo como yuxtaposición de puntos. Ocurre exactamente lo contrario de lo que supone Bergson.

> El tiempo en la ciencia natural aparece como más fundamental que el espacio, cuyas relaciones topológicas y métricas podemos de hecho reducir totalmente a observaciones del tiempo. Al final, en el mismo orden temporal podemos reconocer el prototipo general de propagación causal y por ende descubrir el orden espacio temporal como el esquema de las conexiones causales. (Reichenbach 1977, p. 142)

7. El alcance del realismo científico moderado

Debajo de toda esta exposición yace cierto supuesto que podría ser advertido por cualquier lector avispado, a saber, la adopción de un tipo de realismo científico. Habría que advertir, empero, que es posible identificar varios tipos de realismo. El realismo aquí profesado es calificado como "moderado". Lo califico así porque, de hecho, el adjetivo "moderado", aplicado al "realismo" tiene algo de abolengo. A ciertos filósofos aristotélicos durante la Edad Media se les identifica precisamente como "realistas moderados" en relación con el tema de los universales. Asumimos como propia desde el comienzo la definición de van Fraassen del realismo científico: la aceptación de una teoría envuelve la creencia en la verdad literal de todos sus postulados (van Fraassen 1980, p. 8): nada de lo argumentado obliga a sostener que cada término teórico de la relatividad general designa una entidad de la que pueda predicarse existencia. Es decir, considero que una interpretación realista de la teoría de la relatividad de Einstein no es un disparate, pero no se trata por ello, insisto, en suscribir la tesis de que cada término teórico de la relatividad general designe una entidad real.

La postura aquí supuesta es más modesta y, de hecho, queda enlazado con un tipo de realismo, favorecido por filósofos como Worrall y como Ladyman, el realismo científico estructural. Considero, modestamente, que es esta una alternativa razonable al anti-realismo científico de Bergson o del positivismo lógico. En su momento, este realismo estructural, para la teoría de la relatividad, fue respaldado, aunque *Avant la lettre,* por Hermann Weyl. Lo esencial de esta postura es que las magnitudes espacio-temporales que resultan invariantes bajo el grupo de transformaciones admitido por la teoría —la métrica, los intervalos, la curvatura de las trayectorias— son objetivas, en el sentido preciso de que su valor no depende del marco de referencia ni de la perspectiva del observador (Nozick 2001, p. 75). Esa invariancia es la marca de la objetividad, y es justamente lo que Bergson y el positivismo lógico, cada uno por su lado, le niegan a la física del tiempo: el primero, al reducirla a mera perspectiva; el segundo, al reducirla a mera convención simbólica.

¿Por qué este realismo es moderado? Lo es por dos razones. La primera, ya señalada, es que no se compromete con "la verdad literal" de cada cosa que se afirma en la teoría. Dicho de manera más técnica, el compromiso ontológico de la teoría no recae sobre el dominio de sus cuantificadores, sino solamente sobre sus grupos de transformación. Es decir, los compromisos ontología de una teoría científica son de

índole meta-teórica, dependen de la formulación de una interpretación explícita. La segunda es que no se niega el carácter simbólico de las representaciones hechas por la inteligencia, pero se ofrece una explicación de por qué ese simbolismo es empíricamente atinado. Y esa explicación depende de la existencia de ciertos morfismos, la cual permite, entre otras cosas, cuidarse de no inferir que las semejanzas estructurales —los morfismos— entre el espacio y el tiempo suponen alguna prerrogativa de aquél. Es de hecho el caso que la teoría de la relatividad ha contribuido con eficacia precisamente a reconocer que las propiedades estructurales de una línea —la linealidad— quedan mejor representadas por un conjunto de axiomas que por la imagen espacial de una línea.

Bibliografía

Bergson, H. (1922), *Durée et Simultanéité*, Paris: Librarire Félix Alcan.

Bergson, H. (1938), *Le pensée et le mouvant*, París: Presses Universitaires de France.

Bergson, H. (1907), *L'Evolution Créatrice*, París: Chailland.

Bergson, H. (2012), *Matière et mémoire*, Paris: Presses Universitaires de France.

Canales, J. (2020), *El físico y el filósofo*, Barcelona: Arpa.

Craig, W. (2001), *Time and the Metaphysics of Relativity*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Descartes, R. (1995), *Los principios de la filosofía*, Madrid: Alianza.

Einstein, A. (1970), *Albert Einstein. Philosopher-Scientist*, New York: MJF Books.

Feser, E. (2019), *Aristotle's Revenge. The Metaphysical Foundations of Physical and Biological Science*, Heusenstamm: Editiones Scholasticae.

Feynman, R. P. (2018), *Lecciones de física de Feynman 1. Mecánica, radiación y calor*, México: Fondo de Cultura Económica.

Friedman, M. (1983), *Foundations of Space-Time Theories*, New Jersey: Princeton University Press.

Malament, D. (2012), *Topics in the Foundations of General Relativity and Newtonian Gravitation Theory*, Chicago: University of Chicago Press.

Maudlin, T. (2012), *Philosophy of Physics. Space and Time*, New Jersey: Princeton University Press.

Nozick, R. (2001), *Invariances. The Structure of the Objective World*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Polanyi, M. (2015), *Personal Knowledge. Towards a Post-Critical Philosophy*, Chicago: The University of Chicago Press.

Reichenbach, H. (1977), *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Wiesbaden: Springer.

van Fraassen, B. C. (1980), *The Scientific Image*, Oxford: Clarendon Press.