

BOIDO, Guillermo. Un día muy hermoso en Berna. Sobre la relatividad especial, Einstein, Michelson y la epistemología. In: MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. C. P.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H. (eds.). *Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3º Encontro*. Campinas: AFHIC, 2004. Pp. 204-211. (ISBN 85-904198-1-9)

## UN DÍA MUY HERMOSO EN BERNA. SOBRE LA RELATIVIDAD ESPECIAL, EINSTEIN, MICHELSON Y LA EPISTEMOLOGÍA

Guillermo Boido\*

*Resumen – Ofrecemos una serie de acotaciones históricas cuya lectura epistemológica permitiría en principio obtener una respuesta razonable a algunos interrogantes, aún subsistentes, acerca de los orígenes de la relatividad especial. Entre ellos se destaca el papel que pudieron haber desempeñado en el pensamiento de Einstein las discrepancias entre teoría y observación, y en particular el resultado negativo de la experiencia de Michelson, asunto clave para decidir acerca de las convicciones epistemológicas del físico alemán. De este modo tratamos de analizar las pretensiones de confirmacionistas o falsacionistas al presentar a Einstein como a uno de los suyos, o bien las de aquellos para quienes la historia de la relatividad especial confirma otras directrices epistemológicas. Por otra parte, intentamos establecer la vinculación entre el problema que nos ocupa y una célebre afirmación del creador de la relatividad: “El científico debe aparecer ante los ojos del epistemólogo sistemático como una especie de oportunista inescrupuloso”.*

### 1 INTRODUCCIÓN

La génesis de la relatividad especial, y en particular el papel desempeñado en ella por la experiencia de Michelson, ha dado lugar a numerosos análisis y controversias. Los historiadores han examinado gran cantidad de escritos vinculados con el episodio (trabajos científicos, entrevistas, cartas, declaraciones, notas autobiográficas), sin que pueda afirmarse hoy que la cuestión ha sido zanjada definitivamente. En este trabajo destacamos algunos aspectos de tales controversias con el fin de analizar posteriormente las pretensiones de confirmacionistas o falsacionistas de presentar a Einstein como a uno de los suyos, y las de aquellos para quienes, por el contrario, la historia de la

\* Facultad de Ciencias Exactas y Naturales / Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina.  
E-mail: [gboido@mail.retina.ar](mailto:gboido@mail.retina.ar)

relatividad especial confirma otras directrices epistemológicas. Por otra parte, intentamos establecer la relación entre el problema que nos ocupa y una célebre afirmación del creador de la relatividad: “el científico debe aparecer ante los ojos del epistemólogo sistemático como una especie de oportunista inescrupuloso”.

## 2 ¿FUE LA EXPERIENCIA DE MICHELSON UN EXPERIMENTO CRUCIAL?

Los resultados nulos del experimento de Michelson *no exigían* el rechazo de la estructura newtoniana de espacio-tiempo en favor de la relativista. Amén del programa de Lorentz de proseguir “articulando” el paradigma clásico y la radical teoría de Einstein (1905), cabía otra posibilidad: la de modificar el electromagnetismo maxwelliano y conservar la mecánica de Newton y las transformaciones de Galileo. Sin embargo, ciertos filósofos de la ciencia dieron al experimento de Michelson el carácter de *crucial*. Bastaría citar el artículo “The interpretation of scientific theories” de N. R. Hanson, en el que se afirma que el resultado negativo del experimento de Michelson “entra en conflicto con la transformación galileana de las velocidades” (HANSON, 1969, *apud* EASLEA, 1977, p. 108). Pero ello sólo es cierto en el caso de que se acepten sin discusión como válidas las ecuaciones de Maxwell. Las llamadas *teorías de emisión*, y en particular la del suizo Walther Ritz (1908), intentaron ofrecer una explicación alternativa y menos radical que la propuesta por Einstein. Ritz sugería que la luz es una corriente de partículas cuya velocidad depende de la velocidad de la fuente emisora, lo cual entra en conflicto con el segundo postulado de Einstein pero también con el electromagnetismo de Maxwell. De aceptarse ello, quedaba explicado el resultado de Michelson. Sólo en 1913, a partir del análisis realizado por el astrónomo holandés De Sitter de los movimientos de las estrellas binarias eclipsantes, se encontraron pruebas que al parecer refutaban la teoría de Ritz. Pero llama la atención que, dada la escasez de evidencia experimental en contrario, los físicos no le prestaran una consideración más detenida: se consideró que los resultados de De Sitter conformaban una definitiva falsación que obligaba a descartarla y no simplemente un *enigma* a ser resuelto en el seno de ella. El destino que corrió la teoría de Ritz fue similar al del sistema de Tico Brahe, en el siglo XVII, frente a sus poderosas alternativas: el aristotélico-ptolemaico y el copernicano.

## 3 BASE EXPERIMENTAL Y CONSIDERACIONES ESTÉTICAS

Gerald Holton ha destacado una cierta identidad de estilo en los célebres tres trabajos publicados por Einstein en 1905, pues “comienzan con la constatación de asimetrías formales u otras incongruencias de naturaleza predominantemente estéticas, y no, por ejemplo, con algún dilema planteado por hechos experimentales aún no explicados” (HOLTON, 1973, p. 113). En particular, el que sienta las bases de la relatividad especial, “Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento”, no empieza destacando la falta de coherencia entre los niveles teórico y experimental, sino con una referencia a un aspecto de las ecuaciones de Maxwell que a Einstein le resultaba carente de atractivo estético. En la primera frase de su escrito dice: “Sabido es que al aplicar la electrodinámica de Maxwell – tal y como se suele entender normalmente hoy en día – a cuerpos en movimiento, aquélla conduce a ciertas *asimetrías* que no parecen ser inherentes a los fenómenos”. El ejemplo que aporta a continuación invoca la dispar descripción que se empleaba para explicar la aparición de una corriente en un conductor en reposo cuando un imán se mueve en sus vecindades, y aquélla a la que se recurría en el caso inverso. En el mismo trabajo de 1905, Einstein agrega: “Ejemplos de esta especie, junto con los intentos infructuosos de descubrir algún movimiento de la Tierra con relación al ‘medio lumínico’, obligan a sospechar que ni los fenómenos de la electrodinámica ni los de la mecánica poseen

propiedades que se correspondan con la idea de reposo absoluto. Indican más bien [...] que las mismas leyes de la electrodinámica y de la óptica son válidas en todos los sistemas de referencia para los que son ciertas las ecuaciones de la mecánica” (EINSTEIN, 1973, pp. 61-62). Lamentablemente, no especifica a qué intentos de detectar el movimiento terrestre con relación al éter se refiere.

Está claro que las motivaciones estéticas de Einstein, a la vez que sugieren un paralelismo notable con el caso de Copérnico, no son incompatibles con su conciencia de la falta de concordancia entre teoría y experimento. Pero, como afirmara en más de una oportunidad, la realidad física era para él una unidad indisoluble, y por ello se sintió en condiciones de emprender un camino radicalmente nuevo ante la crisis que afectaba a la física de entonces: independientemente de las dificultades que necesariamente habrían de presentarse, el principio de relatividad debía ser generalizado. La teoría que resultó de ello conquistó la adhesión de muchos físicos por su simplicidad, elegancia y universalidad, como lo muestra esta declaración de Wilhelm Wien en 1909: “Lo que más habla a su favor es su coherencia interna, que permite el establecimiento de unos supuestos básicos sin contradicciones, válidos para la totalidad de las manifestaciones físicas, pese a que a partir de ahí las concepciones habituales [de la física] experimenten una radical transformación” (WIEN, *apud* EASLEA, 1977, p. 102). Lorentz, en 1915, después que la relatividad especial fuera adoptada por la mayoría de los físicos, resumía en una conferencia la razón decisiva para ello en los siguientes términos: “La teoría de Einstein [...] logra una *simplicidad* que yo no he podido alcanzar” (LORENZ, *apud* EASLEA, 1977, 103). Efectivamente, la teoría de Lorentz de 1904 (del electrón) incluía once hipótesis *ad hoc*, mientras que la de Einstein presentaba, amén de solamente dos hipótesis fundamentales, cuatro auxiliares, ninguna de las cuales era *ad hoc*.

Cabe señalar además las numerosas oportunidades en las que el propio Einstein declaró explícitamente su decisión de proteger su teoría de críticas y pretendidas refutaciones. Ya en 1907 el físico Walter Kaufmann afirmaba que sus mediciones no eran compatibles con los supuestos fundamentales de Lorentz y Einstein, sino con los de Max Abraham y Alfred Bucherer, quienes intentaban la reducción de la mecánica clásica al electromagnetismo. En una carta a Poincaré, Lorentz le confesó inmediatamente a su colega francés que “estaba desesperado” por las conclusiones de Kaufmann y dispuesto a abandonar su teoría. Pero Einstein se encogió de hombros y, tras un año de silencio, afirmó que la base observacional era aún insuficiente para decidir entre teorías alternativas. Sin duda estaba convencido de que a la larga su teoría de la relatividad sería aceptada. Nueve años después se comprobó que el aparato de Kaufmann había sido deficiente. En 1921, se informó que Michelson había reiterado nuevamente su experimento con resultado positivo, pero, según testigos presenciales, Einstein no se inmutó y pronunció lacónicamente su famosa frase: *El Señor es sutil, pero no hace trampas*. Posteriormente, en abril de 1925, el físico Dayton Miller anunció que, al reiterar la experiencia de Michelson, había detectado un corrimiento de la franja en su interferómetro, a raíz de lo cual una sociedad de científicos adversos a la relatividad le entregó a Miller un premio de mil dólares. Recibida la noticia, Einstein escribió a su amigo Michele Besso: “Creo que el experimento de Miller se basa en un error de temperatura. Ni por un minuto me lo he tomado en serio” (EINSTEIN, 1994, p. 228). La comunidad de los físicos adoptó la misma tesitura y el enigma no fue resuelto hasta 1955: se trataba de un error de temperatura. Al parecer, al menos durante los períodos de ciencia normal, Dios no hace trampas.

#### 4 EPISTEMOLOGÍA

Las consideraciones anteriores no apoyan las directrices confirmacionistas o refutacionistas radicales de rechazar sin más trámite las teorías que resulten refutadas. Difícilmente la relatividad especial hubiera podido salir airosa si Einstein y muchos físicos de su época no hubieran ignorado o postergado para un análisis ulterior los resultados experimentales que parecían refutar la teoría. Se

confirman, pues, en líneas generales, las interpretaciones del desarrollo científico que han ofrecido Kuhn, Lakatos y otros epistemólogos posteriores, pues, a la larga, el compromiso con la teoría relativista se vio recompensado por nuevos y fructíferos avances, pese a las dificultades que presentaba en un comienzo. Todo ello, como señala Brian Easlea, “ilustra con claridad el hecho de que el compromiso en la fase revolucionaria se basa en gran medida en la *intuición física* con respecto al carácter de la realidad, y que los criterios estéticos desempeñan un papel influyente, por no decir dominante” (EASLEA, 1977, p. 112).

## 5 ¿CONOCÍA EINSTEIN LOS RESULTADOS DE MICHELSON EN 1905?

La pregunta, ya de larga data, ha sido analizada en detalle por Holton, cuyo estudio se centra en los pronunciamientos *retrospectivos* de Einstein al respecto, y no en los testimonios indirectos que surgen de sus escritos del período 1900-1905. Holton concluye que las respuestas de Einstein, ofrecidas en distintos momentos de su vida y en distintas circunstancias, no guardan coherencia, si bien se deriva de aquéllas un punto importante: Einstein *nunca* reconoció abiertamente que los resultados de Michelson *tuviesen una relación genética con su teoría*. En el mejor de los casos, señaló elogiosamente, en presencia del propio Michelson, que aquel experimento “estimuló las ideas de H. A. Lorentz y FitzGerald, de las que se desarrolló la teoría de la relatividad” (HOLTON, 1982, p. 281).

Afortunadamente, disponemos hoy de la exhaustiva revisión de los testimonios de Einstein y sus interlocutores entre 1900 y 1905, a los que Abraham Pais tuvo acceso luego de la muerte de aquél (PAIS, *El señor es sutil. La vida y la ciencia de Albert Einstein*). Este notable biógrafo de Einstein rescata en particular la confiabilidad de una conversación sostenida por el creador de la relatividad con el físico Robert S. Shankland en 1950, y en particular el siguiente fragmento:

Cuando le pregunté [a Einstein] cómo se había enterado del experimento de Michelson, me dijo que lo había conocido por los escritos de H. A. Lorentz, pero *sólo después de 1905* le llamó la atención. “De lo contrario”, agregó, “lo hubiera mencionado en mi trabajo”. Continuó diciendo que los resultados experimentales que más habían influido en él fueron las observaciones sobre la aberración estelar y las mediciones de Fizeau de la velocidad de la luz en agua en movimiento. Y dijo: “fueron suficientes”. (SHANKLAND, *apud* PAIS, 1984, p. 126)

Pais concluye que “los escritos de Lorentz” no son otra cosa que una memoria del físico holandés, publicada en 1895, y que Einstein menciona explícitamente en una conferencia pronunciada en Kyoto en 1922. En dicho trabajo, Lorentz se refiere a la aberración de la luz y al experimento de Fizeau, *pero también a la experiencia de Michelson*. El análisis de Pais es coherente con la afirmación de que Einstein conocía en líneas generales los resultados de Michelson, pero los concebía como *obvios*, es decir, como una consecuencia más, no particularmente importante, de algo que Einstein sabía de antemano: *que toda la arquitectura de la física clásica había perdido coherencia y debía ser reconstruida sin contemplaciones*.

Se podría coincidir por tanto con la afirmación de Holton de que, aunque el experimento de Michelson no se hubiera realizado, no hubiera influido en el surgimiento de la teoría, y que la creencia de que dicho experimento se halla en los orígenes de la relatividad “ha sido durante mucho tiempo parte del folklore” (HOLTON, 1982, pp. 206-207). Este punto es particularmente importante a la hora de analizar las presentaciones de la relatividad en las cuales se sugiere que la experiencia de Michelson fue el punto de partida de Einstein para desarrollar su teoría, lo cual supone adoptar un punto de vista crudamente empirista a propósito del origen del conocimiento científico. Pero a nuestro juicio existe una segunda razón para seguir alimentando el “folklore”, digna de ser abordada por la

sociología de la ciencia. Los científicos, filósofos y divulgadores estadounidenses parecen llevar auestas la pesada carga de no haber tenido a un Lorentz o a un Poincaré en la génesis de la relatividad especial y por ello suelen exagerar la trascendencia del “físico americano” Michelson (quien en realidad había nacido en Polonia). Tal es el caso de Bernard Jaffe: en su libro *Michelson y la velocidad de la luz* afirma, falazmente, que Einstein atribuyó públicamente su teoría al experimento de Michelson. Lo cierto es que éste, notable experimentador, siempre fue un tanto ajeno a cuestiones de física teórica y, en particular, a pesar de haber fallecido en 1931, nunca se pronunció definitivamente a favor de la relatividad especial o general de Einstein. En un libro de 1927 se preguntaba todavía cómo puede propagarse la luz sin un medio material que la sustente.

## 6 ¿UNA TEORÍA SIN BASE EMPÍRICA?

Al margen de la dimensión estética presente en la génesis de la relatividad especial, cabe señalar que Einstein nunca negó la importancia de una base empírica insatisfactoria, es decir, que no acuerda con la teorías establecidas en cierto momento histórico, a la hora de formular su teoría. En numerosas oportunidades se refirió a otros resultados experimentales bien conocidos como poniendo en jaque a la física clásica. Esto debería bastar para quitar entidad a afirmaciones como las de Adolf Grümbaum, filósofo de la ciencia empirista a quien le eriza los cabellos, por caso, que Einstein haya autorizado a M. Polanyi a afirmar que “el experimento de Michelson-Morley tuvo un efecto insignificante sobre el descubrimiento de la relatividad” o bien que haya formulado apreciaciones semejantes en diversas oportunidades (GRÜMBAUM, 1973). De donde pasa directamente a recordar que, al comienzo de su trabajo de 1905, Einstein no sólo menciona la “asimetría imán-conductor” sino también “los intentos infructuosos de descubrir algún movimiento de la Tierra con relación al ‘medio lumínico’”. Y agrega:

A menos que nos proporcionen alguna otra explicación coherente con la presencia de esta *última afirmación* de Einstein en el texto de 1905, no cabe duda de que compete a todos aquellos historiadores de la *TR* [teoría de la relatividad] que *niegan* el papel inspirante de los experimentos de Michelson-Morley, el decirnos *específicamente* qué *otros* “intentos infructuosos de descubrir algún movimiento de la Tierra con relación al ‘medio lumínico’” tenía Einstein aquí en mente. Esta obligación debería haber sido asumida ya por el propio Einstein al autorizar, en una mirada *retrospectiva* a edad ya madura, la afirmación que cita Polanyi. (GRÜMBAUM, 1973, p. 125; el destacado es del autor)

Dejando de lado el extraño juicio final acerca de lo que el anciano Einstein *debió decir*, las afirmaciones de Grümbaum son sencillamente sorprendentes, pues identifican lo que hemos llamado una base empírica insatisfactoria con determinada componente de la misma, a saber, el resultado negativo del experimento de Michelson. Al parecer, Grümbaum cree que Einstein no disponía de otros resultados experimentales adversos a la física clásica distintos de aquella experiencia. En la entrevista que mencionamos anteriormente, Shankland señalaba que los resultados experimentales que más habían influido en Einstein, según declaraciones de éste, fueron las observaciones sobre la aberración estelar (1727) y las mediciones de Fizeau (1851), conocidas por cualquier graduado en física de la época, las cuales habían sido para él “suficientes” para embarcarse en una radical reforma de la física. Pero Grümbaum parece convencido de que, sin el conocimiento de los resultados de Michelson, Einstein *no pudo* haber concebido la relatividad especial, y que, por tanto, debió conocerlos e inspirarse en ellos.

## 7 ESPECULACIONES: UN DÍA MUY HERMOSO EN BERNA

Aceptado que Einstein conocía los resultados de Michelson, ¿por qué nunca los consideró trascendentes para los orígenes de su teoría y se mostró siempre reticente a reconocer deuda alguna para con ellos? La cita de Einstein que hemos incluido en la introducción, sobre epistemólogos y científicos, ha sido muchas veces mencionada, pero generalmente fuera de contexto. No pretende disminuir los méritos de la epistemología con relación a la ciencia misma, como se ha afirmado a veces. Por ello vale la pena reproducirla en su totalidad:

El científico debe aparecer a los ojos del epistemólogo sistemático como una especie de oportunista inescrupuloso: aparece como *realista* en cuanto busca describir un mundo independiente de los actos de la percepción; *idealista* en cuanto mira a los conceptos y teorías como invenciones, libres, del espíritu humano (no deducibles lógicamente de los datos empíricos); como *positivista* en cuanto considera sus conceptos y teorías como justificadas *solamente* en la medida en que proveen una representación lógica de las relaciones entre experiencias sensoriales. Puede aparecer hasta como *platónico* o *pitagórico* en tanto considera la simplicidad lógica como un punto de vista indispensable y efectivo como herramienta en su investigación. (EINSTEIN, *apud*, HOLTON, 1982, p. 229)

Michele Angelo Besso, proveniente de una familia italiana que se remonta al siglo XVII, nació en 1873 en Riesbach, cerca de Zurich, donde su padre Giuseppe, de Trieste, dirigía una pequeña compañía de seguros. Estudió en Roma y luego en Zurich, y allí se graduó de ingeniero, profesión que ejerció durante toda su vida principalmente en Italia y Suiza. Por cuenta propia (a través de infinitos cursos y lecturas) adquirió sólidos conocimientos de física teórica, que le permitieron mantener correspondencia sobre temas vinculados con ella con personajes como Schrödinger, Hermann Weyl y el propio Einstein. Hacia 1896 Besso conoció a Einstein, algunos años menor que él, en una velada musical; luego compartieron, durante cinco años, el trabajo en la hoy mítica oficina de patentes de Berna donde Einstein redactó sus célebres trabajos de 1905. Los unían el amor por la física, la filosofía y la música. Aunque de allí en más sólo volvieron a verse ocasionalmente, la amistad perduró para siempre. Un somero análisis de las cartas intercambiadas entre ambos, publicadas en 1979, nos muestra que, para Einstein, Besso fue su mayor confidente, aunque dicha correspondencia haya sido oscurecida por la que el creador de la relatividad sostuvo con los otros grandes físicos del siglo XX. En el trabajo de 1905, Einstein declara que durante la redacción del mismo “tuve fielmente a mi lado al amigo y colega M. Besso”, a quien agradece sus “muchos valiosos estímulos”. No hay, sugestivamente, otros agradecimientos. Pero la mención de Besso allí no será la única. En la conferencia “Cómo creé la teoría de la relatividad”, pronunciada en Kyoto en 1922, que Pais considera uno de los documentos más confiables para indagar acerca de los orígenes de la relatividad, Einstein dijo lo siguiente:

Tomé en consideración el experimento de Fizeau, y traté de atacar los problemas en la hipótesis de que las ecuaciones de Lorentz referentes al electrón debían ser tan válidas para un sistema de coordenadas definido sobre los cuerpos en movimiento, como para uno definido en el vacío. En todo caso, en aquella época me sentía seguro de la validez de las ecuaciones de Maxwell-Lorentz en electrodinámica. Además, las relaciones de la así llamada invariancia de la velocidad de la luz mostraban que aquellas ecuaciones debían ser válidas también en un sistema de referencia en movimiento. Sin embargo, esta invariancia de la velocidad de la luz estaba en conflicto con la regla de adición de

velocidades que conocíamos bien en mecánica. Tuve gran dificultad en resolver la cuestión de saber por qué los dos casos estaban en conflicto entre sí. Había gastado casi un año en consideraciones estériles, con la esperanza de hacer alguna modificación en las ideas de Lorentz, mientras al mismo tiempo me daba cuenta de que era un acertijo nada fácil de resolver.

Inesperadamente, un amigo mío de Berna [Besso] me ayudó. Era un día muy hermoso cuando fui a visitarlo, y comencé a hablar así con él: “Tenía hace poco una cuestión que me era difícil entender. Así que vine hoy aquí para tener una batalla contigo sobre el asunto.” Ensayando una cantidad de discusiones con él, de pronto pude comprender la cosa. Al día siguiente volví a visitarlo, y sin saludar le dije: “Gracias. Resolví completamente el problema.” Mi solución era en realidad el concepto mismo de tiempo; es decir, que el tiempo no está definido de manera absoluta, sino que hay una conexión inseparable entre tiempo y velocidad de la señal. Con este concepto, la extraordinaria dificultad anterior pudo ser resuelta por completo. Cinco semanas después de reconocer esto, la actual teoría de la relatividad especial estaba completada. (EINSTEIN, *apud* PAIS, 1984, p. 147).

¿De qué hablaron Einstein y Besso aquel “día muy hermoso”? ¿Por qué la conversación fue, al parecer, tan definitiva? Nunca lo sabremos, pero podemos especular acerca de ello. La personalidad de Besso, que fluye en la correspondencia con su amigo Einstein, nos ofrece una pista: hablaron, probablemente, de cuestiones estéticas, que tanto importaban a ambos. En las cartas intercambiadas surgen referencias a la música, y en particular a Bach, Mozart y Beethoven. De ser así, el platonismo bien pudo haber sido la filosofía predominante en aquella conversación. Es sabido que, con el correr del tiempo, Einstein destinó un papel cada vez mayor a la belleza matemática como condición necesaria de las teorías científicas, opinión tan duramente criticada por otros físicos. Pero, como sugiere Pais, quizás tal convicción estuvo presente ya en 1905, y el diálogo con Besso actuó como detonador:

La parte cinematográfica de su trabajo de ese año tiene la estructura axiomática ideal de una teoría acabada, estructura que bruscamente le apareció después una conversación con Besso. ¿Es posible que esta experiencia haya sido tan abrumadora, que selló su mente y borró en forma parcial reflexiones e información que ya tenía anteriormente, como resultado de deseos muy profundos de aproximarse más a la divina forma de la creación pura? (PAIS, 1984, p. 179)

Cuando ya se hallaba gravemente enfermo, Einstein recibió la noticia de la muerte de Besso, acontecida en Ginebra. Una de sus últimas cartas, fechada el 21 de marzo de 1955, está dirigida a Vero, hijo de Michele, y a la hermana de éste: “Era el más sabio [de mis amigos de juventud] y el círculo de sus intereses parecía verdaderamente sin límites. Con todo, eran las preocupaciones crítico-filosóficas lo que parecía dominar en él. [...] He aquí que nuevamente me ha precedido un poco al abandonar este mundo extraño. Esto nada significa. Para nosotros, físicos creyentes, esta separación entre pasado, presente y futuro no tiene más que el valor de una ilusión, por persistente que ésta sea” (EINSTEIN, *Correspondencia con Michele Besso*, pp. 454-455).

Einstein murió tres meses después, llevándose consigo el secreto de aquel día tan hermoso en Berna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EASLEA, Brian. *La liberación social y los objetivos de la ciencia* [original: 1973]. México: Siglo XXI Editores, 1977.
- EINSTEIN, Albert. Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento [fragmentos]. In: PEARCE WILLIAMS, L. (ed.). *La teoría de la relatividad: sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno* [original: 1968]. Madrid: Alianza Editorial, 1973. Pp. 61-67.
- . *Correspondencia con Michele Besso* [original: 1979]. Barcelona: Tusquets, 1994.
- GRÜMBAUM, Adolf. La génesis de la teoría especial de la relatividad. In: PEARCE WILLIAMS, L. (ed.). *La teoría de la relatividad: sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno* [original: 1968]. Madrid: Alianza Editorial, 1973. Pp. 119-125.
- HOLTON, Gerald. Einstein, Michelson y el experimento crucial. In: HOLTON, Gerald. *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein* [original: 1973]. Madrid: Alianza Editorial, 1982. Pp. 204-293.
- . Sobre los orígenes de la teoría especial de la relatividad. In: PEARCE WILLIAMS, L. (ed.). *La teoría de la relatividad: sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno* [original: 1968]. Madrid: Alianza Editorial, 1973. Pp. 111-118.
- PAIS, Abraham. *El Señor es sutil. La ciencia y la vida de Albert Einstein* [original: 1982]. Barcelona: Ariel, 1984.