

*¿Kant refutado por Einstein?
La recepción filosófica de la teoría
de la relatividad:
neokantianos vs neopositivistas*

*Kant refuted by Einstein? The philosophical
reception of the Theory of Relativity:
Neo-Kantians vs Neopositivists*

ALBERTO ÁLVAREZ FERNÁNDEZ

Universidad Pontificia Comillas de Madrid

Recibido: 17/01/22 Aceptado 01/02/22

RESUMEN

El surgimiento de la teoría de la relatividad de Einstein a principios del siglo XX suscitó el debate sobre la vigencia de la filosofía kantiana. El positivista Schlick sostenía que esta quedaba refutada, pues estaba indisolublemente ligada a la física de Newton y a los conceptos de espacio y tiempo absolutos. Los neokantianos Natorp y Sellien defendían la vigencia de Kant basándose en la diferencia entre filosofía y ciencia. Cassirer y Reichenbach abogaban por un neokantismo modificado basado en principios constitutivos. Y Einstein y Carnap rechazaban tanto kantismo como positivismo puros abrazando el holismo epistemológico.

PALABRAS CLAVE

KANT, EINSTEIN, NEOKANTISMO, NEOPOSITIVISMO, TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

SUMMARY

The emergence of Einstein's theory of relativity in the early 20th century sparked debate about the validity of Kantian philosophy. The positivist Schlick argued that it was refuted, since it was inextricably linked to Newton's physics and the concepts of absolute space and time.

The Neo-Kantians Natorp and Sellien defended Kant's validity based on the difference between philosophy and science. Cassirer and Reichenbach advocated a modified neo-Kantianism based on constitutive principles. And Einstein and Carnap rejected both pure Kantianism and positivism by embracing epistemological holism.

KEYWORDS

KANT, EINSTEIN, NEO-KANTIANISM, NEOPOSITIVISM, THEORY OF RELATIVITY

I. INTRODUCCIÓN

EN LAS PRIMERAS DÉCADAS del siglo XX surgía y se consolidaba la teoría de la relatividad de Einstein como teoría general de la naturaleza, sustituyendo la teoría de Newton. Esto parecía invalidar la filosofía de Kant, pues sobre el aparente carácter universal y necesario de la física de Newton (y la geometría euclídea) Kant edificó su doctrina de los juicios sintéticos a priori.

La autoridad de Schlick y su habilidad retórica para poner la cuestión en sus propios términos, insistiendo en la denominación «convención», contribuyó en gran medida a que el debate entre la filosofía kantiana y empirista sobre la teoría de la relatividad terminara con la victoria de Schlick y del nuevo empirismo lógico. La filosofía de Kant parecía haber sido refutada por la teoría de la relatividad, y el neopositivismo se erigió como la filosofía correcta para interpretar la física. Esto frustró la consolidación de interpretaciones neokantianas de la teoría de Einstein que existían en la época como las del joven Reichenbach, Cassirer o las de los matemáticos Weyl y Eddington.

Repasaremos el debate de principios del siglo XX entre neokantianos y neopositivistas, centrándonos en los argumentos de algunos autores, más que en hacer una exposición histórica de las etapas e intervenciones del debate.

Pero antes de que el desarrollo de la física en el siglo XX, con la teoría de la relatividad, pusiera en cuestión la filosofía de Kant y diera lugar a la confrontación entre el incipiente neopositivismo y los neokantianos, el desarrollo de la geometría en el siglo XIX había empezado a erosionar las bases de la epistemología kantiana con el descubrimiento de las geometrías no euclídeas.

II. EL DESAFÍO DE LAS GEOMETRÍAS NO EUCLÍDEAS¹

La epistemología de Kant, basada en los juicios sintéticos a priori, sufrió un gran desafío en el siglo XIX con la aparición y desarrollo de las geometrías no euclídeas. Surgía la cuestión de justificar por qué el espacio era de hecho euclídeo en lugar de responder a una configuración no euclídea posible. Si era posible –al menos concebir– una geometría no euclídea, la idea de que la geometría euclídea estaba enraizada en las capacidades fundamentales de la

¹ Este apartado se apoya en las siguientes fuentes: (Poincaré 1910), (Friedman 2001, pp. 105-115), (DiSalle 2006, pp. 72-96), (Howard 1994, pp. 45-49).

mente humana, en la intuición a priori, parecía ser falsa. Esta era la postura de algunos de los filósofos científicos del siglo XIX, en especial Helmholtz y Poincaré. El primero trató los principios y proposiciones de la geometría como totalmente empíricos, el segundo como convencionales.

Helmholtz sostenía que la geometría tenía un fundamento completamente empírico, sin elemento a priori alguno. Nuestra idea del espacio, según Helmholtz, surge de un proceso de adaptación perceptual o aprendizaje basado en nuestra experiencia del movimiento corpóreo, de movernos con relación a objetos que ocupan un espacio. El espacio así constituido debe satisfacer la condición de libre movilidad que permita movimientos continuos arbitrarios de cuerpos rígidos. Nuestras concepciones del espacio se originan, según Helmholtz, en la posibilidad física de movilidad libre, y en nuestra habilidad para imaginar y realizar construcciones geométricas que se aproximan al espacio físico.

Ahora bien, Helmholtz no construyó su empirismo geométrico contra Kant, sino al contrario, como refinamiento de la idea kantiana de que el espacio es una forma necesaria de la intuición. Así, el teorema Helmholtz-Lie al fijar la geometría del espacio expresa la necesaria forma de nuestra intuición externa, una de las tres geometrías clásicas de curvatura constante: euclídea, hiperbólica o elíptica. Para saber cuál de las tres corresponde al espacio físico hay que investigar el comportamiento real de los cuerpos rígidos mientras los movemos alrededor de ellos de acuerdo con la condición de movilidad libre. Que el espacio físico es euclídeo, cosa asumida por Helmholtz, significa que las medidas físicas llevadas a cabo de este modo satisfacen empíricamente las leyes de esta geometría particular con un elevado nivel de exactitud. Así, como afirma Friedman, la visión de Helmholtz es kantiana en tanto que el espacio de hecho tiene una forma necesaria expresada por la condición de libre movilidad, pero es empirista en tanto que es la experiencia la que determina cuál de las tres posibles geometrías de curvatura constante corresponde con la estructura del espacio real (Friedman 2001, pp. 109-110).

El problema de Helmholtz es que piensa que los cuerpos se pueden mover manteniendo su forma y dimensión (es decir, hay congruencia). Pero sólo puede determinarse empíricamente si un cuerpo incumple esta condición comparándolo con otro cuerpo que suponemos rígido. De modo similar, sólo podemos saber empíricamente si la luz no viaja en línea recta comparándola con algún objeto físico o proceso que suponemos recto. Esto nos llevaría a un regreso al infinito, en el que en cada proceso físico estamos comparando con otro que suponemos que tiene la propiedad deseada. La conclusión natural fue sacada explícitamente por Poincaré: los principios de Helmholtz son definiciones encubiertas. Que ciertos cuerpos permanecen congruentes a sí mismos bajo ciertos movimientos y que la luz viaja en línea recta no son proposiciones empíricas sobre los cuerpos ni sobre la luz, sino definiciones de línea recta y

de congruencia, respectivamente. Dichos principios no son alcanzables por razonamientos inductivos, sino por estipulación.

Poincaré veía la geometría, siguiendo a Helmholtz y Lie, también como ellos, como el estudio abstracto de grupos de movimientos asociados con nuestra experiencia cruda inicial de desplazamientos corporales. Sabemos, sostiene Poincaré, por el teorema Helmholtz-Lie, que el espacio así construido responde a una y sólo una de las tres geometrías clásicas de curvatura constante. Sin embargo, como hemos visto, rechaza que pueda determinarse empíricamente la geometría particular del espacio simplemente observando el comportamiento de cuerpos rígidos. Para empezar, ningún cuerpo físico satisface con exactitud la condición de rigidez geométrica. Pero es que, además, lo que es más importante, el conocimiento de la rigidez física presupone el conocimiento de fuerzas actuando en la constitución material de los cuerpos. Y esto a su vez requiere una geometría en la que describir dicha actuación. No tenemos otra opción, por tanto, según Poincaré, que estipular una de las tres geometrías clásicas de curvatura constante, por convención, como un marco dentro del cual hacemos física empírica. Y, dado que la geometría euclídea es matemáticamente la más simple, Poincaré sostenía que era preferible a las otras.

Las estipulaciones de Poincaré no son, pues, aserciones empíricas, sino que establecen el modo de interpretar empíricamente determinados conceptos (congruencia, línea recta, etc.). Esto ocurre en toda ciencia que aplique estructuras matemáticas a la experiencia. Así, la segunda ley de Newton es una definición que nos permite determinar si un cuerpo está bajo la acción de una fuerza o no, ligando con una medida del movimiento del cuerpo. Cualquier imprecisión en los cálculos para determinar la fuerza nos llevará, por definición, a buscar otras fuerzas ejercidas por otros cuerpos, aun no descubiertos. Según Poincaré la matemática precede a la física.

Para Poincaré los enunciados de la geometría, si bien son a priori, no son sintéticos, no tienen contenido empírico, sino que son puras definiciones, condiciones formales de posibilidad de la física. Aunque Poincaré sí coincide con Kant en la necesidad de unos principios formales que hagan posible el conocimiento empírico, su carácter de a priori no consiste en una necesidad objetiva sino en nuestra decisión de tratarlos como no revisables. Y el estatuto privilegiado de la geometría de Euclides frente a las no euclídeas no está determinado por las características fundamentales de nuestra capacidad de intuir las cosas sensibles, sino por su mayor simplicidad matemática.

Los axiomas geométricos no son, pues, juicios sintéticos a priori ni hechos experimentales. Son convenciones; nuestra elección, entre todas las convenciones posibles, está guiada por los hechos experimentales; pero sigue siendo libre y está limitada sólo por la necesidad de evitar toda contradicción. Por lo tanto, los postulados pueden

seguir siendo rigurosamente verdaderos a pesar de que las leyes experimentales que determinaron su adopción son solo aproximadas. En otras palabras, los axiomas de la geometría [...] son solo definiciones disfrazadas (Poincaré 1917, p. 56).²

Los trabajos de Helmholtz y Poincaré desembocaron en el desarrollo de la teoría de la relatividad a principios del siglo XX. Esta significa la aplicación de una mecánica no newtoniana y una geometría no euclídea con éxito a la naturaleza. La gravedad como fuerza a distancia es sustituida por la acción de la curvatura del espacio-tiempo: los cuerpos no se desvían de las líneas rectas (en el espacio euclídeo) debido a la acción de la fuerza gravitatoria, sino porque siguen las líneas más rectas posibles o geodésicas en un nuevo tipo de geometría no euclídea. De modo que la geometría euclídea no se corresponde con la geometría del espacio físico. Y si la geometría no euclídea no es verdadera en relación con el espacio físico, mucho menos va a ser una verdad sintética a priori.

La teoría de la relatividad de Einstein parecía, pues, refutar la epistemología de Kant basada en los juicios sintéticos a priori, y volver a abrir la puerta a las epistemologías empiristas. Esta fue la opinión de los empiristas lógicos, encabezados por Schlick, y del propio Einstein. Todos ellos se dispusieron alrededor de 1920 a defender la integridad empírica de la teoría revolucionaria de Einstein contra los neokantianos. Ahora bien, ya no se trataría de un empirismo como el de Berkeley o Hume, ni como el de Mach, heredero intelectual de los anteriores y referente del empirismo a finales del siglo XIX y principios del XX. Es otro tipo de empirismo; uno que reconoce la necesidad de principios convencionales, definiciones, que organicen la experiencia, sin los cuales los datos sensibles no pueden ser tratados científicamente. El estudio de la naturaleza de estas convenciones y su papel en la ciencia constituiría una de las principales dedicaciones de estos nuevos empiristas. A mediados de los años veinte esta empresa los llevó a caminos divergentes tanto en lo académico como en lo personal.

Schlick, y posteriormente también Reichenbach, sostendrá, inspirado por Poincaré, que la distinción entre las convenciones y las proposiciones empíricas es absoluta. Una vez que se estipulan las definiciones de los conceptos, cada proposición empírica queda asociada unívocamente con un contenido empírico.

Einstein sostendrá, inspirado por Duhem, que la distinción entre las convenciones y las proposiciones empíricas es relativa. Es la teoría global la que está asociada unívocamente con un contenido empírico. Toda proposición es revisable por la experiencia. Es lo que se conoce como holismo epistemológico.

² Traducción propia.

III. NATORP Y SELLIEN: KANT VICTORIOSO³

La teoría de la relatividad de Einstein, con sus nociones relativistas de espacio y tiempo y la aplicación física del espacio no euclídeo de Riemann, parecía invalidar las nociones de espacio y tiempo de Kant, en tanto aparentemente ligadas a la física de Newton y a la geometría euclídea. Neokantianos como Natorp y Sellien defendieron que la refutación de Newton por Einstein no implicaba la de Kant, aduciendo que trataban sobre conceptos distintos de espacio y tiempo.

Uno de los primeros análisis filosóficos en clave kantiana de la teoría de la relatividad fue llevado a cabo por Natorp en 1910, neokantiano de la escuela de Marburgo. Para Natorp, el núcleo fundamental de la filosofía kantiana está recogida en la *Crítica de la razón pura*, y no en los *Principios metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*. Su argumento principal para defender la vigencia de Kant es que las concepciones de espacio y tiempo que manejan Kant y Einstein son diferentes, pues pertenecen a dos áreas de conocimiento distintas: filosofía y física (ciencia), respectivamente. Natorp, poniendo como ejemplo a Hegel, advierte del peligro de mezclar ambas. La filosofía ha de tomar las cuestiones de la ciencia natural pero las respuestas ha de darlas autónomamente. Que hayan quedado refutados la doctrina newtoniana sobre el espacio y tiempo absolutos no supone una refutación de la doctrina kantiana, pues la física se ocupa de los espacios empíricos perceptibles y medibles, y la segunda trata de estos como formas puras de sensibilidad, que por tanto nunca pueden ser objetos de percepción sensible, objetos empíricos. Es más, según Natorp esos múltiples espacios empíricos relativos son posibles gracias al espacio puro, condición de posibilidad de todos ellos. Según Natorp, la teoría de la relatividad en el fondo confirma la filosofía kantiana, pues Kant sostiene que los espacios empíricos siempre son relativos.

El tiempo y el espacio en sí, como tuvimos que enfatizar anteriormente con Kant, no son objetos de percepción. Cualquier medición empírica del tiempo y del espacio, por otro lado, depende de la percepción. Así que aquí sólo puede tratarse de estos últimos; por lo tanto, no sobre los conceptos de espacio y tiempo en sí mismos [...] Los conceptos absolutos puros de tiempo y espacio son los requisitos previos para toda determinación empírica de tiempo y espacio, y por lo tanto estos no pueden quedar huérfanos de aquellos (Natorp 1910, p. 396).⁴

Si miramos hacia atrás desde este resultado a nuestras consideraciones anteriores puramente lógicas de tiempo y espacio basadas en Newton y Kant, vemos en el principio de relatividad de Minkowski solo la implementación consistente de la

³ Este apartado se basa en las siguientes fuentes: (Natorp 1910, pp. 392-404), (González Ruiz 2003, pp. 57-79).

⁴ Traducción propia.

diferencia –ya establecida por Newton, registrada y definida más nítidamente por Kant– entre la determinación pura, absoluta, matemática, del tiempo y del espacio, y la determinación empírica, física, que solo puede ser relativa (Natorp 1910, p. 399).⁵

La visión básica de Kant se ve notablemente confirmada por la nueva teoría. Kant había enfatizado que el tiempo de un evento natural no podría determinarse de otra manera que de acuerdo con las leyes empíricas de la naturaleza, es decir, solo dentro de los límites de la validez siempre meramente empírica de estas leyes: porque el tiempo mismo –y lo mismo se aplica al espacio– no es un objeto de percepción, es decir, los puntos temporales de los eventos no están determinados por su relación con un tiempo absoluto dado, sino que sólo los fenómenos mismos pueden determinarse mutuamente sus puntos en el tiempo porque su orden legal los hace determinables en primer lugar. Precisamente lo que parece haber sido lo más sorprendente para los descubridores del principio de relatividad –esta relativización completa de la determinación del tiempo– es solo la confirmación de una de las proposiciones más fundamentales de Kant, y para aquellos que han pensado en sus tesis, exactamente lo que uno cabría esperar (Natorp 1910, p. 403).⁶

Un argumento similar al de Natorp emplea Sellien, que sostiene que la teoría de la relatividad versa sobre el tiempo empírico. Einstein habla de tiempos y de su relatividad, algo que sólo es posible, según Sellien, si se piensa en su base un tiempo puro como forma. Y lo mismo vale para el espacio. Tanto el tiempo psicológico-cualitativo como el matemático-cuantitativo (los dos tiempos que distingue Schlick), a los que habría que añadir el tiempo físico, no identificable con el matemático, son considerados por Kant como tiempos empíricos, tiempos-relleno y como tales presuponen el tiempo puro.

Para refutar a Kant, según Sellien, habría que demostrar que hay intuiciones humanas fuera del espacio o del tiempo (algo cuya imposibilidad ya habría mostrado Kant), o que cometió errores formales en su deducción trascendental. Einstein, pues, superaría a Newton pero no a Kant.

Sellien, apoyándose en Planck, defiende que la ciencia avanza por evolución permanente; hay una serie de principios fundamentales que se conservan, y que permiten hablar de juicios sintéticos a priori. Kant vio las ejemplificaciones de juicios sintéticos a priori en principios de la física de Newton. Frente a los que, como Schlick defienden que la filosofía de Kant sería el intento de fundamentación gnoseológica de la física de Newton, Sellien sostiene que Kant no parte de ninguna teoría física determinada, sino de la posibilidad de un determinado tipo de conocimiento, el que consiste en juicios sintéticos a priori.

⁵ Traducción propia.

⁶ Traducción propia.

Natorp critica los intentos de Gauss, Riemann y Helmholtz de convertir el espacio en un objeto de la física cuyas propiedades tuvieran que establecerse experimentalmente, así como los intentos de Helmholtz de hacer intuibles las geometrías no euclídeas. Su crítica es similar a la que ya vimos en el apartado anterior: dichos experimentos sólo podrían realizarse en el espacio bajo el supuesto de que el espacio tuviera las propiedades que los experimentos debían establecer. Natorp recurre al convencionalismo: se apoya en Poincaré en tanto que ha demostrado, según él, que la validez de una determinada geometría no se decide empíricamente; cualquier experiencia puede armonizarse con cualquier geometría con sólo seleccionar convenientemente los supuestos físicos.

Lo que presenta Kant como a priori en la intuición, para estos neokantianos, implica una geometría fija, la euclídea, pero el pensamiento puede representarse otras. Natorp señala lo que considera un malentendido frecuente entre los adversarios de Kant: la necesidad del espacio euclídeo no es de tipo lógico o del pensamiento. Para Kant cabe pensar otros espacios y geometrías, así como representarlos conceptualmente con precisión y calculables matemáticamente. Se trata de una necesidad de la intuición.

Contra lo que defienden Helmholtz, Riemann, Einstein y los empiristas, las proposiciones de la geometría, afirma Sellien, no son empíricas, y por tanto no se pueden confirmar ni refutar experimentalmente. Si así fuera, la geometría no sería una ciencia universal y necesaria, cosa que sí parece ser si atendemos a cómo se han mantenido sus proposiciones sin ser cuestionadas durante tanto tiempo. Tampoco los principios de la geometría son proposiciones analíticas, como muestra el fracaso del proyecto de Frege. Para Sellien son, pues, juicios sintéticos a priori, como defiende Kant. En cuanto a las geometrías no euclídeas, admite que puedan formularse en combinación con unas leyes de la naturaleza formuladas de forma muy general.

Puede parecer que el recurso de Natorp y Sellien al convencionalismo va en contra de Kant y los acerca a posturas positivistas, pero ellos defenderían que el carácter convencional sólo afecta al espacio de la física, y no al puro de la intuición, objeto de la filosofía.

IV. MORITZ SCHLICK: KANT REFUTADO⁷

El principal adversario de los neokantianos es Moritz Schlick, futuro fundador del Círculo de Viena y de la corriente que será conocida como neopositivismo o empirismo lógico. Contra las tesis neokantianas, Schlick sostiene que la caída de Newton implica la caída de Kant. Considera que la filosofía kantiana es una justificación de la física de Newton. Las formas a

⁷ Este apartado se basa en las siguientes fuentes: (Schlick 1920), (Schlick [1915] 2014), (Ryckman 2005, pp. 47-76), (Howard 1994, pp. 45-105).

priori de la sensibilidad poseen todas las propiedades del espacio y tiempo absolutos de Newton. «Las formas de la intuición de Kant tienen de hecho todas las propiedades del espacio y el tiempo absolutos de Newton» (Schlick [1915] 2014, p. 40). Las categorías se corresponden con principios de la física de Newton (pone el ejemplo de la analogía de la experiencia que correspondería al principio newtoniano de conservación de la masa, que resulta ser falso en la teoría de Einstein).

Schlick distingue dos tipos de tiempo: el tiempo cualitativo, psicológico, y el tiempo cuantitativo, matemático, del que se ocupan los físicos. Kant, como Einstein, trataba el tiempo matemático. Y defendía, siguiendo a Newton, su carácter absoluto.

Estas consideraciones nos enseñan que la teoría de la relatividad no puede considerarse en absoluto una consecuencia natural de las especulaciones del idealismo lógico y que ni siquiera puede integrarse en el edificio de este sistema sin sacudirlo profundamente (Schlick [1915] 2014, p. 53).

Schlick no acepta la defensa neokantiana de un espacio y tiempos puros, distintos del psicológico-intuitivo y del físico-matemático. A Schlick le parecen inaceptables las nociones kantianas de espacio y tiempo como formas puras de sensibilidad. «[Según Kant, espacio y tiempo] son meramente ‘formas’ de nuestra intuición, y no pueden adscribirse a las ‘cosas en sí’. [...] Nosotros, por otro lado, encontramos la ocasión para distinguir sólo entre los espacios psicológicos intuitivos y el espacio físico no intuitivo. El hecho de que este último sea puramente conceptual hace que sea bastante imposible –contrariamente a la opinión de muchos seguidores de Kant– que la intuición nos dé la más mínima información sobre si el espacio físico es euclídeo o no» (Schlick 1920, p. 79). Aunque Kant intentó alejarse del psicologismo, dichas nociones están claramente contaminadas con contenido psicológico, según Schlick. Ese intento de presentar algo entre lo puramente conceptual y lo intuitivo psicológico, que fundamenta la existencia de juicios sintéticos a priori, resulta imposible para Schlick. Este exige a los neokantianos ejemplos de juicios sintéticos a priori en la teoría de Einstein. La prueba de que la doctrina kantiana es errónea, a juicio de Schlick, es que sus defensores no han podido suministrar ninguno.

Schlick se opone firmemente a la noción de juicio sintético a priori, que considera como el punto central de la doctrina kantiana. Como empirista, Schlick sigue una de las tesis de la tradición empirista clásica defendida por Hume; la necesidad no se encuentra en la naturaleza. Ninguna proposición empírica puede ser necesaria. La única necesidad es la de tipo lógico.

Ahora bien, a diferencia del empirismo clásico, Schlick está de acuerdo con Kant en que las meras sensaciones o percepciones no son observaciones ni

medidas hasta que no son ordenadas e interpretadas, y reprocha a los neokantianos como Cassirer que identifiquen como kantiano ('filósofo crítico') a todo aquel que aboga por la necesidad de principios constitutivos para la experiencia científica. Un empirista puede reconocerlos y negar que son sintéticos a priori en el sentido de apodícticos (validez universal y necesaria). El error de los neokantianos, dice Schlick, es asumir que el único tipo de empirismo es el fenomenista. Schlick critica este tipo de empirismo afirmando que la intuición empírica por sí sola no puede constituir conocimiento, y distingue entre percepción directa, no elaborada, y conocimiento con conceptos, conocimiento propiamente dicho, conocimiento científico. El conocimiento requiere de dos elementos: uno conceptual y uno empírico.

Así pues, Schlick distingue entre un marco representativo en el que las proposiciones científicas (empíricas) pueden ser formuladas, y las propias proposiciones científicas. La función del primero es la definición de los conceptos que hacen posible la formulación de proposiciones empíricas (juicios sintéticos). Ahora bien, a diferencia de la doctrina kantiana, este marco representativo está compuesto por juicios de identidades entre conceptos (juicios analíticos) que dependen en último término de convenciones. Y, por tanto, no son a priori en el sentido kantiano. Las definiciones, bien sean explícitas o implícitas, son las categorías más básicas de juicios, y consiguen una coordinación unívoca con la experiencia a través de una estipulación arbitraria.

Schlick, inspirándose en la axiomatización de Hilbert de la geometría euclídea, considera que la ciencia ideal estaría conformada exclusivamente por definiciones implícitas, de modo que todo concepto se definiría a través de las relaciones con otros en un sistema axiomático-deductivo. Así definidos, dice Schlick contra los neokantianos, los conceptos son meramente signos designativos, que presuponen una realidad ya constituida.

V. CASSIRER Y REICHENBACH: KANT MITIGADO⁸

Cassirer y Reichenbach representan una tercera vía en la polémica Einstein-Kant. Ambos publicaron con pocos meses de diferencia (1920, 1921) una valoración de la teoría de la relatividad en clave neokantiana, pero, al contrario que neokantianos como Natorp, pensaban que la doctrina de Kant debía ser modificada.

Así revisa Reichenbach el concepto de 'a priori' de Kant; rechaza su carácter de verdad apodíctica y necesaria, y mantiene y desarrolla su carácter constitutivo, dando lugar así a lo que se conoce como 'a priori relativizado':

⁸ Este apartado se basa en las siguientes fuentes: (Reichenbach [1920] 1965), (Reichenbach [1922] 2011), (Howard 1994), (Ryckman 2005, pp. 13-46), (González Ruiz 2003, pp. 93-95).

Es de una importancia decisiva señalar aquí que en el concepto de Kant de a priori hay dos aspectos significativamente diferentes, dos componentes completamente lógicamente distintos, dos interpretaciones que generalmente se consideran equivalentes, pero cuya identidad representa la esencia del problema de Kant. Una parte del término 'a priori' se refiere a la necesidad y universalidad de ciertas proposiciones, y designa estas dos propiedades como criterios de aprioridad. Pero la otra parte que Kant ha expuesto es que el objeto de conocimiento, el objeto físico, sólo se define después de la introducción de ciertos principios o categorías que reúnen la multiplicidad de percepciones y las unen en la cosa. Este carácter constitutivo de ciertos principios es también para Kant el que proporciona el significado de a priori. Se trata, por tanto, de dos puntos de vista completa y lógicamente diferentes: uno se refiere a la validez de los juicios y el otro a su lugar en la teoría del conocimiento. ¿Se pueden fusionar estos dos significados de a priori?

Kant responde afirmativamente a esta pregunta. De hecho, ve en esta respuesta el resultado esencial de la filosofía trascendental. De hecho, el punto de partida de esta filosofía es la pregunta: ¿Cómo son posibles los juicios sintéticos a priori? En esta cuestión el término 'a priori' toma su primer sentido, el de validez apodíctica. Kant responde tratando de mostrar que estos juicios son las condiciones de la experiencia, que solo ellos constituyen el objeto físico, es decir, la cosa como inteligible. Afirma, por tanto, que la unión de los dos sentidos de a priori por sí sola permite la solución del gran problema filosófico que ha planteado a lo largo de muchos años la filosofía, el carácter de juicios apodícticamente ciertos. Además, fueron los esfuerzos de Kant por hacer inteligible el largamente considerado primer sentido de a priori lo que dio lugar al segundo sentido

Ahora bien, es un fenómeno frecuentemente observado que el camino seguido en el descubrimiento de nuevas relaciones resulta ser falso, a pesar de que estas relaciones se manifiestan en un sentido profundo. Este es también el destino que ha caído sobre la filosofía de Kant. En este punto, la decisión fue el resultado de la ciencia que el propio Kant utilizó como modelo para toda la ciencia: la física matemática. Hemos demostrado de hecho que el primer sentido de a priori no se puede mantener frente a la teoría de la relatividad, mientras que el segundo se conserva con aún más profundidad y solidez (Reichenbach [1922] 2011, pp. 147-48).⁹

9 Traducción propia.

Siguiendo a Kant, Cassirer y Reichenbach consideran central la pregunta por la posibilidad del conocimiento empírico universal, que se responde a través del análisis de las teorías científicas aceptadas, y sostienen que el empirismo radical, que no reconoce la necesidad de unos principios meta-empíricos (a priori), no puede dar cuenta de este tipo de conocimiento. Para ambos, la teoría de la relatividad general ha mostrado que el requisito de covarianza general es uno de esos principios a priori, así como ha confirmado la tesis del idealismo trascendental sobre la idealidad trascendental del espacio y tiempo en tanto que las coordenadas se han convertido en parámetros arbitrarios para representar eventos espacio-temporales.

Sin embargo, también están de acuerdo en que ha de haber cambios en la doctrina kantiana, concretamente en la caracterización de los principios a priori. Si bien defienden, como Kant, su función constitutiva delimitando el conjunto posible de objetos de la experiencia, rechazan su carácter inviolable y eterno. A pesar de Kant, no son proposiciones inmunes a la experiencia; cambian de una teoría a otra a medida que progresa la física, aunque su cambio no es arbitrario sino que sigue unos principios regulativos (o unos métodos epistemológicos) superiores.

Ahora bien, hay desacuerdo en cómo esos principios ejercitan su función constitutiva. Para Cassirer el conocimiento objetivo es resultado de la interpenetración completa entre sensibilidad y entendimiento, y critica la postura de los que, como Reichenbach, tratan ambas facultades como independientes, y sólo resaltan el papel activo del entendimiento. Para Reichenbach, el objeto de conocimiento es el resultado de la aplicación de un formalismo conceptual (entendimiento) a una materia sensible. Cassirer destaca el carácter relativo de la distinción entre materia y forma en el proceso de conocimiento; son momentos recíprocos, como concepto y como intuición, de un proceso básico de síntesis cognitiva que determina el objeto.

Para Cassirer, la tarea de la filosofía (crítica), siempre por alcanzar, es proporcionar los principios lógicos (no mentales: la escuela de Marburgo se desmarca del psicologismo) constitutivos presupuestos en cualquier sistema de proposiciones empíricas, que se mantienen a lo largo de todo cambio en el contenido de la experiencia científica. Entre ellos están las categorías de espacio y tiempo, de magnitud y de dependencia funcional entre magnitudes.

Entre esos principios constitutivos desempeña un papel fundamental y revolucionario el requisito de covarianza general, afirma Cassirer. Es un principio que la razón usa como norma de investigación en la interpretación de la experiencia: se trata de una idea regulativa que dicta que todos los objetos físicos fundamentales interactúan dinámicamente a través de leyes sin referencia alguna a un trasfondo espacio-temporal. El significado de esta pérdida de objetividad del espacio y del tiempo no consiste sólo en que éstos

dejen de ser sustancias. Significa que ser independiente de un punto de vista arbitrario del observador es lo que define a un objeto de naturaleza y una ley de la naturaleza. El objeto es lo que queda invariable bajo transformaciones arbitrarias.

La idea kantiana de la unidad de la naturaleza se reformula ahora, con el requisito de covarianza general, según Cassirer, como una unidad de relaciones funcionales determinadas, asimilando bajo transformaciones arbitrarias de las coordenadas todos los resultados medidos en sistemas de referencia particulares. La dinámica acaba resolviéndose en geometría.

Cassirer ve en la historia de la ciencia un proceso progresivo de sustitución de conceptos sustanciales, modos antropomórficos acríticos de representación, por conceptos funcionales y relacionales. La relatividad especial muestra cómo conceptos como longitud o masa pasan de ser propiedades de objetos a relaciones de objetos con sistemas de referencia. Con la relatividad general llegamos a una etapa superior de este proceso; el concepto de objetividad física incorpora la norma metodológica de covarianza general: que las leyes de la naturaleza se expresan en ecuaciones general-covariantes. Este requisito ilustra que el estrato de objetividad definitivo yace en la invarianza de ciertas relaciones y no en la existencia de entidades particulares.¹⁰

Contra el realismo crítico de Schlick, para el que la coordinación se da entre conceptos matemáticos abstractos (pensamiento) y una realidad ya conformada, de modo que las ecuaciones matemáticas de la física serían meras designaciones de lo real, Reichenbach defiende la necesidad de mediadores, a los que denomina principios o axiomas de coordinación, que definen los elementos individuales de la realidad constituyendo así los objetos reales de la experiencia. Los elementos del sistema matemático abstracto son unívocamente coordinados con elementos de la multiplicidad de la percepción. En tanto que constitutivos del objeto real, retienen el significado kantiano de juicios sintéticos a priori.

Estos principios representan la contribución subjetiva de la razón al conocimiento, que varía con el desarrollo de la física. La contribución objetiva, el criterio de unicidad de coordinación, procede de la percepción, que nos permite

10 Cassirer propone una teoría novedosa sobre las formas puras de la intuición para explicar la existencia de geometrías no euclídeas. Espacio y tiempo serían, respectivamente, la ordenación de la multiplicidad de la experiencia desde el punto de vista del estar-reunidos y desde el punto de vista del sucederse. Esto abriría la puerta a defender que la intuición pura no determina una estructura euclídea del espacio, sino una más general. Sin embargo, Cassirer acaba adhiriéndose a Natorp al afirmar que dicha ordenación adquiere una estructura euclídea a priori para la intuición, siendo las geometrías no euclídeas una composición de infinidad de estar-junto concretos euclídeos. Roberto Torretti ha explorado aquella opción.

determinar si valores numéricos procedentes de distintas medidas dan el mismo valor para una variable física dada.

Ahora bien, contrariamente a lo que Kant sostiene, según Reichenbach, no existe un único conjunto de principios de coordinación válidos por siempre –que serían la contribución permanente de la razón al conocimiento–. Con el aumento de la experiencia, un sistema dado puede dejar de proporcionar coordinación unívoca. La teoría de la relatividad general demuestra que hay un sistema inconsistente de tales principios, incompatibles en su totalidad con la experiencia: principios de la relatividad especial, inducción normal, covarianza general, continuidad de las leyes y magnitudes físicas, homogeneidad del espacio, y el carácter euclídeo del espacio. Además, de la teoría de la relatividad general se sigue la existencia de descripciones equivalentes de la realidad física –cada una de las cuales es una coordinación unívoca de conceptos a la percepción– a través de un grupo de transformaciones de un sistema de referencia a otro. Así pues, Reichenbach sostiene, contra Kant, que los principios a priori no tienen validez universal; son falibles, relativos a una teoría y a una etapa del desarrollo de la ciencia.

Además, la teoría de la relatividad muestra, según Reichenbach, el camino que ha de tomarse para reformular un sistema de principios cuando resultan incompatibles con la experiencia, sin salirse de un sistema de principios constitutivos. (No valdría cualquier reformulación, contra el holismo duhemiano). Se trata de dos métodos generales epistemológicos: el método de aproximación sucesiva y el de análisis de la ciencia.

La aproximación sucesiva consiste en establecer nuevos principios que contengan a los antiguos como caso especial. La relativización del a priori se compensa así con un método que prescribe una determinada dirección al cambio científico, la de aproximación a la verdad. Según Reichenbach, este método, unido al principio de equivalencia, es una herramienta esencial para concluir que el espacio físico no tiene una estructura global euclídea. El establecimiento de una métrica pseudo-riemanana es una conclusión a la que llega a través del método de análisis de la ciencia.

El análisis de la ciencia consiste en eliminar los modos de descripción subjetivos, en términos de coordenadas, la parte aportada por la razón, del significado objetivo de los enunciados de la física. La relatividad general muestra cómo eliminar la arbitrariedad de las descripciones mediante transformaciones de coordenadas. Lo que caracteriza el contenido objetivo de la realidad es la invarianza respecto a transformaciones admisibles de coordenadas.

La orientación realista de estos métodos, junto a la influencia de Schlick, acabaría alejando a Reichenbach del idealismo trascendental hacia el empirismo lógico.

Aunque antes de la obra de Reichenbach no parece que Schlick atribuyera a sus principios convencionales rasgo constitutivo alguno, este vio en la postura de Reichenbach la suya propia. Sostuvo que los principios de los que hablaba Reichenbach no eran otra cosa que convenciones en el sentido suyo y de Poincaré, y que también poseían naturaleza constitutiva. Reichenbach se muestra receloso a calificarlos como convenciones, porque entiende que aunque varios sistemas de principios son posibles, sólo un grupo lo es siempre, y en esa restricción es donde reside el conocimiento empírico. Reichenbach echa de menos en Poincaré la mención a esta restricción.

Para Schlick no se trataba de una cuestión terminológica menor. Al llamarlos convenciones pretendía resaltar su carácter arbitrario y estipulativo y minimizar su carácter constitutivo, lo cual le permitía defender la refutación de la doctrina kantiana de los juicios sintéticos a priori. La influencia de Schlick sobre Reichenbach llegó a ser tal que este acabó viendo los principios de coordinación como convenciones, dejando su naturaleza constitutiva de lado. Reichenbach dejaría su neokantismo de juventud para pasarse al incipiente empirismo lógico encabezado por Schlick, para el que los conceptos tienen un papel meramente designador en el conocimiento, y la tarea de la filosofía es aclararlos, no preguntarse por la posibilidad del conocimiento.

VI. EINSTEIN Y CARNAP: EMPIRISMO Y KANTISMO HOLISTAS¹¹

Hemos repasado las posturas de varios filósofos relevantes, pero falta por exponer qué pensaba el propio autor de la teoría de la relatividad sobre el impacto de su teoría en la filosofía kantiana. Einstein inicialmente se opuso a los neokantianos desde una postura similar a la de Schlick y el último Reichenbach. Defendía una distinción rígida entre definiciones coordinadoras, analíticas, y proposiciones empíricas, sintéticas. Las primeras se fijan por convención, haciendo posible que la verdad o falsedad de cada proposición empírica quede determinada sin ambigüedad por la experiencia correspondiente al contenido empírico de la proposición individual. Así, en *Geometría y experiencia* (1921), Einstein afirmaba que lo que convierte una geometría axiomática en una geometría práctica es la introducción de una definición coordinadora que iguale un concepto geométrico de cuerpo rígido con algún tipo de cuerpo físico real. Sólo así la verdad o falsedad de la geometría práctica es dirimida por la experiencia.

Pero a partir de 1924 los caminos empiezan a divergir, y Einstein acaba negando la posibilidad de aquella distinción objetiva. Aunque sigue reconociendo que cierta distinción es necesaria para evaluar la verdad empírica de

¹¹ Este apartado se basa en la siguiente fuente: (Howard 1994, pp. 84-99).

una teoría, cómo tracemos la distinción es completamente arbitrario. En el espíritu de Duhem, a quien había leído, Einstein sostiene que sólo las teorías completas tienen contenido empírico, no las proposiciones individuales de la teoría, y por tanto cualquier proposición es revisable en caso de que una teoría no encaje con la experiencia. No hay principios a priori per se, ni en la forma que defienden los neokantianos (sintéticos) ni los neopositivistas (analíticos): en principio todas las proposiciones de una teoría tienen el mismo estatuto epistemológico. La distinción convenciones/proposiciones empíricas es en sí misma convencional, guiada por criterios pragmáticos.

Llamaremos ‘conceptos primarios’ a conceptos que estén directa e intuitivamente conectados con los complejos típicos de las experiencias sensoriales. Todos los demás conceptos son, desde el punto de vista físico, significativos sólo en la medida en que se ponen en conexión con los ‘conceptos primarios’ a través de enunciados. Estos enunciados son en parte definiciones de los conceptos (y de los enunciados lógicamente derivables de ellos) y en parte enunciados que no son derivables de las definiciones, y que expresan al menos relaciones indirectas entre ‘conceptos primarios’ y, por lo tanto, entre experiencias sensoriales. Los enunciados de este último tipo son ‘enunciados sobre la realidad’ o ‘leyes de la naturaleza’, es decir, enunciados que tienen que contrastarse con las experiencias sensoriales que están comprendidas en los conceptos primarios. Qué enunciados deben considerarse como definiciones y cuáles como leyes de la naturaleza depende en gran medida de la representación elegida; en general, sólo es necesario llevar a cabo tal distinción cuando se quiere investigar hasta qué punto todo el sistema conceptual en cuestión posee realmente contenido desde el punto de vista físico (Einstein 1936, p. 316).¹²

Según Einstein, el carácter a priori que parecían ostentar los principios de la geometría de Euclides y de la mecánica de Newton para Kant se debe a que revisarlas implicaba realizar importantes cambios, numerosos y costosos, en nuestra teoría global de la naturaleza. Pero una vez que la experiencia ha indicado la conveniencia de realizar cambios en la teoría global, el carácter empírico de dichas proposiciones se ha mostrado claramente, y han tenido que ser revisadas para que la teoría global encaje con la nueva experiencia disponible.

También defiende una postura holista el joven Carnap en su disertación de 1921, *El espacio*. Pero lo hace desde un neokantismo mitigado. Podemos estipular, dice Carnap, guiados por un criterio de simplicidad, algo como barra-patrón, tornando así la determinación de la métrica o curvatura del espacio físico en una cuestión empírica. Este es el método de Schlick

¹² Traducción propia.

y Reichenbach. Pero también podemos proceder al contrario: elegir una métrica para el espacio físico, la más simple, de modo que la barra-patrón de medida quede determinada empíricamente. Inspirado por los trabajos de Gauss, Riemann, Helmholtz y Einstein, Carnap recomienda elegir una vía media que ajuste la elección de la barra y de la métrica para lograr la teoría global más simple. Ni medida ni métrica deben elegirse sin considerar el estado de cosas total. Precisamente la geometría no euclídea se adoptó en física por simplicidad global de la teoría. Carnap, bajo la influencia de Schlick y Reichenbach, acabará abandonando en pocos años su neokantismo holista de juventud, adoptando un empirismo con una distinción fuerte analítico-sintético como el de aquellos.

Curiosamente, inicialmente Schlick había defendido esta visión holística contra los neokantianos en 1918. Don Howard (1994, p. 71) apunta a que la razón de su cambio de postura (ya patente en 1925) podría deberse a que aquella dejaba la puerta abierta a los neokantianos. Según el holismo, la coordinación no ocurre proposición empírica por proposición empírica; sólo las teorías completas se coordinan sin ambigüedad con la realidad. Así pues, muchas teorías diferentes pueden ser igualmente coordinadas con la realidad. Un neokantiano puede argumentar que, puesto que la experiencia por sí sola no determina sin ambigüedad la elección entre todas las posibles teorías, es la función de los juicios sintéticos a priori resolver la ambigüedad.¹³ Podemos adoptar una geometría euclídea, simple, con una física muy compleja, o una geometría no euclídea con una física más bien simple (esto mismo defendían Natorp y Sellen, como vimos). Puesto que la experiencia no nos fuerza a elegir, el neokantiano defendería que la elección última es una consecuencia de su estatus sintético a priori.

VII. CONCLUSIÓN

Kant había mostrado las limitaciones del empirismo fenomenista escéptico de Hume con la ciencia de Newton como ejemplo de que un conocimiento empírico universal y necesario era posible. Ciertamente Kant se extralimitó y vio en la teoría de Newton más de lo que había (lo cual es comprensible, dado que poseía capacidades explicativas y predictivas nunca vistas hasta entonces), pero supo detectar algo fundamental: para que sea posible una ciencia empírica de la naturaleza son necesarios unos principios a priori, constitutivos, que organicen los datos sensibles. Entre estos principios, el marco geométrico espacial y temporal tiene un papel fundamental. Kant supo ver que la forma de definir

¹³ Schlick había respondido a esta ambigüedad acudiendo al principio de simplicidad de la teoría global (matemática y física), aduciendo que la más simple, en tanto menor aparato conceptual, es la más cercana a lo real. Luego abandonó este argumento.

espacio y tiempo de Newton no era arbitraria ni defectuosa, como pensaban los relacionistas, sino que obedecía a la necesidad de tratar empíricamente el movimiento e interacción de la materia.

Los neopositivistas reconocieron la necesidad de dichos principios, pero los vieron como meras estipulaciones, poniendo el énfasis en la arbitrariedad de estos, de modo que elegir un sistema de principios u otro fuera una cuestión pragmática. Su carácter a priori consistiría simplemente en que decidimos no revisarlos por razones pragmáticas. Así, para Schlick, la elección de una geometría semi-riemanniana se justificaría porque permite formular unas leyes de la naturaleza tales que la teoría global sería la más simple entre las que se adecuan a la experiencia.

La visión de Schlick de la teoría de la relatividad, y de la ciencia en general, basada en la distinción absoluta entre juicios analíticos a priori y juicios sintéticos a posteriori, y en el carácter convencional de los primeros, se impuso sobre las visiones neokantianas. Así, el positivismo lógico se consolidó como la filosofía de la ciencia dominante durante la primera mitad del siglo XX, llevándose a sus filas a Carnap y Reichenbach a pesar de su formación neokantiana.

Con la victoria de la visión neopositivista, quedaron relegadas algunas visiones alternativas de impronta kantiana interesantes. Posturas que defendían, como Cassirer y Reichenbach, que los principios que ordenan la experiencia no son meras convenciones, sino que poseen un estatuto epistemológico superior; poseen una función constitutiva. Estos principios representan al papel activo del aparato cognitivo humano, en sentido lógico, sobre los datos brutos de la experiencia. Estos principios son similares a los principios sintéticos a priori kantianos. Ahora bien, con una diferencia importante: no son universales ni eternos. No son inmunes a la experiencia; cambian a medida que progresa la ciencia.

Autores como Michael Friedman o Robert DiSalle han recogido el legado de la filosofía trascendental kantiana y lo han desarrollado dentro del panorama de la filosofía de la ciencia del siglo XXI, pero no es objeto de este artículo cubrir estas visiones.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DISALLE, R. (2006), *Understanding Spacetime: The Philosophical Development of Physics from Newton to Einstein*. Cambridge: Cambridge University Press.
- EINSTEIN, A. (1936), «Physik und Realität», *Journal of the Franklin Institute*, 221, pp. 313-347.
- FRIEDMAN, M. (2001), *Dynamics of Reason. The 1999 Kant Lectures at Stanford University*. Stanford: CSLI Publications.
- GONZÁLEZ RUIZ, A. (2003), *La nueva imagen del mundo: el impacto filosófico de la Teoría de la Relatividad*. Madrid: Akal.

- HOWARD, D. (1994), «Einstein, Kant and the origins of logical empirism», en W. C. Salmon y G. Wolters (eds.), *Logic, Language, and the Structure of Scientific Theories*. Pittsburg: University of Pittsburg Press, pp. 45-105.
- KANT, I. ([1786] 1989), *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (trad. Carlos Másmela). Madrid: Alianza.
- KANT, I. ([1781/87] 1999), *Crítica de la razón pura* (ed. bilingüe, trad. Mario Caimi). México: FCE/UAM/UNAM.
- NATORP, P. (1910), *Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften*. Leipzig: Teubner. Accedido en Paderborn: Universitätsbibliothek Paderborn, urn:nbn:de:hbz:466:1-35817 <<https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-35817>>
- POINCARÉ, H. (1917), *La science et l'hypothèse*. Paris: Ernest Flammarion. Accedido en Les Classiques des sciences sociales: Université du Québec à Chicoutimi. <http://classiques.uqac.ca/classiques/poincare_henri/science_et_hypothese/science_et_hypothese.pdf>
- REICHENBACH, H. ([1920] 1965), *The Theory of Relativity and A priori Knowledge* (trad. Maria Reichenbach). Berkeley/Los Ángeles: University of California Press.
- REICHENBACH, H. ([1922] 2011), «The Philosophical Significance of the Theory of Relativity», en S. Gimbel y A. Walz (eds.), *Defending Einstein. Hans Reichenbach's writings on space, time and motion*. New York: Cambridge University Press, pp. 95-160.
- RYCKMAN, T. (2005), *The Reign of Relativity. Philosophy in Physics 1915-1925*. Oxford: Oxford University Press.
- SCHLICK, M. (1920), *Space and time in contemporary physics*. New York: Oxford University Press.
- SCHLICK, M. ([1915] 2014), *Il significato filosofico del principio di relatività*. Brescia: Editrice Morcelliana.

ALBERTO ÁLVAREZ FERNÁNDEZ es estudiante de doctorado en la Universidad Pontificia Comillas de Madrid.

Líneas de investigación:

Filosofía de la ciencia (física) y filosofía de la naturaleza (especialmente siglos XVII-XVIII).

Publicaciones recientes:

- (2022), «Críticos Con El Atomismo Mecanicista: Ostwald, Mach Y Duhem». *THÉMATA. Revista De Filosofía*, nº 66, pp. 9-29, doi:10.12795/themata.2022.i66.01.
- (2018), «Jesús Mosterín, Conceptos y teorías en la ciencia», *Pensamiento. Revista de Investigación e Información Filosófica*, 74 (282), pp. 984-985. Disponible en: <https://revistas.comillas.edu/index.php/pensamiento/article/view/10739>

Email: aalvarez@comillas.edu

