

LA POLÉMICA MACH-PLANCK: ¿NI VENCEDORES NI VENCIDOS?

RICARDO J. GÓMEZ
California State University
Los Ángeles

RESUMEN

La polémica Mach-Planck (1910-1911) acerca del estado cognitivo de las teorías científicas nos permite llegar a las siguientes conclusiones. (1) No siempre el que defendió las posturas luego asentadas científicamente (por ejemplo, la defensa de la realidad de los átomos por parte de Planck) desarrolló los mejores argumentos en la polémica. Por ejemplo, Planck malinterpretó las tesis de Mach acerca de la imagen científica, sus conceptos y leyes. (2) La postura de ambos estaba fundada en distintas filosofías y, por ende, en distintos sistemas de valores y en modos diferentes de priorizarlos. (3) Hay una relatividad temporal de un aparente vencedor por sobre otro que se invierte en otro momento del desarrollo histórico de la física. (4) No hay algoritmo o argumento definitivo alguno para declarar vencedora a ninguna de las posturas. (5) Dicotomías filosóficas como realismo-instrumentalismo son insuficientes para captar la complejidad de las posturas epistemológicas y ontológicas de los científicos. Finalmente, la polémica enfatiza el rol decisivo de la dimensión filosófica en cuestiones teóricas de la física.

PALABRAS CLAVE: Mach, Planck, imagen científica, física, realismo.

ABSTRACT

The Mach-Planck controversy (1910-1911) about the cognitive status of scientific theories lead us to the following conclusions. (1) Not always the one who maintains some theses that look better (Planck's defense of the reality of the atoms) is the one who advanced the best arguments for criticizing his opponent (e.g. Planck misinterpreted Mach's views about the scientific image, its concepts and laws). (2) Their views were grounded in different philosophies, and consequently, in different value-systems. (3) There was no absolute winner-loser; each one might look like a winner-loser depending upon de historical and scientific context relative to which the choice is being made. (4) There is no algorithm and definitive argument for declaring a final winner-loser. (5) Standard philosophical dichotomies like realism vs. instrumentalism are insufficient for grasping the complexity of the epistemological and ontological positions of scientists. Finally, the controversy emphasizes the decisive role played by philosophy in the theoretical issues of physics.

KEYWORDS: Mach, Planck, scientific image, physics, realism.

En 1910-1911, dos de los más grandes científicos de los últimos doscientos años, Ernst Mach y Max Planck, polemizaron acerca de cuestiones centrales de la física y su filosofía.

El principal objetivo de este trabajo es evaluar los resultados de tal polémica. Para ello, reseñaremos primeramente las tesis centrales de Mach y Planck acerca de la física, sus objetivos, alcances y límites, para luego sintetizar críticamente los intercambios intelectuales entre ambos científicos en dichos años. Finalmente estableceremos diversas conclusiones inferidas de los resultados de la polémica y su incidencia acerca de la relación entre física y filosofía.

I. Ernst Mach y la imagen científica: fenomenalismo sin metafísica

Mach fue un físico de fuste, aunque muy especial. No fue, en absoluto, un físico normal –a la Kuhn– ni un físico ortodoxo. Uno de sus mayores méritos fue haber propuesto una concepción particular de la física fundada en una compleja pero coherente epistemología.

1. La física y sus elementos constitutivos: conceptos, leyes y principios

La física, según Mach, es experiencia organizada en un orden económico. En verdad, toda ciencia se ocupa fundamentalmente de la dependencia de fenómenos. Todos y cada uno de los objetos estudiados son un complejo de elementos o simples sensibles; así, los cuerpos y la materia no son nada aparte de sus complejos de colores, sonidos, etc. Mach, precisamente, creía que la noción de cosa en sí es una idea lamentablemente metafísica que surge de la creencia de que es posible eliminar todas las partes de un complejo y obtener aún algo más como resto.

Lo que sucede es que todo concepto es el resultado de nuestro intento constante de extender nuestra experiencia, por lo que no podemos obtener de ellos algo más que la misma experiencia. Ellos son símbolos económicos para organizar la experiencia, herramientas imprescindibles para el conocimiento, porque hay siempre una diferencia irreducible entre el mundo sensible y nuestras reacciones mentales¹. Un concepto no es una difusa representación visual, ni una mera pa-

¹ Mach afirmó que “al rango inagotable de los rasgos físicos sensibles corresponde un rango muy limitado de reacciones mentales uniformes y, por ende, existe una tendencia marcada a la esquematización conceptual” (1976, p. 96).

labra (lo cual nos retrotraería al escolasticismo), ni una entidad general (lo que nos conduciría otra vez a una metafísica de corte platónico), ni meras ideas, porque todo concepto tiene ciertas características determinadas por la totalidad de la cultura. Mediante la formación de conceptos, el conocimiento humano obtiene notable apoyo del lenguaje y el intercambio social. En tanto fueron conformados a través de los siglos, el contenido de los conceptos no puede ser captado por una idea momentánea.

En todo momento, el físico debe decidir cuáles conceptos son necesarios y cómo están interrelacionados. Tal decisión se apoya en razones prácticas y, en cada caso, un objeto determinado corresponde a un concepto si cuando se lo prueba conduce a las reacciones esperadas; por ejemplo, solo podemos decidir si un sistema mecánico corresponde al concepto de equilibrio mediante un conjunto de operaciones complejas.

En consecuencia, el principal valor de los conceptos de la ciencia es que nos permiten simbolizar en el pensamiento vastas áreas factuales a la vez que simplificar los hechos dejando de lado aquellos rasgos que son irrelevantes a nuestros propósitos. El pensamiento, por lo tanto, no se ocupa de las cosas tal cual son sino de nuestros conceptos acerca de ellas.

De acuerdo a todo lo anterior, cada fórmula y ley física no son más que un resumen aditivo de hechos individuales; las adoptamos en tanto su uso sea conveniente. Y ha de ser conveniente, si es económico. Aunque se refieren de modo sinóptico a hechos, no hay hecho particular alguno que corresponda como su correlato a fórmulas o leyes.

Cuando nuestro aparato conceptual no puede captar un nuevo hecho, recurrimos a hipótesis. El conocimiento se extiende mediante similitudes y analogías; si no tenemos éxito, al menos el fracaso de analogizar nos hará conscientes de las diferencias existentes. Toda hipótesis es, pues, provisional y puede cambiarse de modo que desaparezcan los elementos no esenciales. Cuando quedan solo los elementos esenciales se ha alcanzado una ley. Luego, las leyes científicas nos proveen de una descripción concisa y abreviada de los hechos, y este es el objetivo fundamental de la ciencia.

Los principios físicos comparten con conceptos y leyes su carácter convencional. Tales principios intentan sistematizar rigurosamente los modos en que los humanos organizan una vasta clase de fenómenos. Estos modos de organizar los fenómenos están profundamente enraizados en la historia de la mente humana. Por lo tanto, es

necesario rastrearlos históricamente. Por ejemplo, el principio de conservación de la energía fundamenta el punto de vista mecánico (todos los fenómenos físicos se reducen al movimiento y equilibrio de moléculas y átomos) y es anterior a tal punto de vista. Tal principio se encuentra también en Galileo Galilei e Isaac Newton. Carnot y Newman llevaron a cabo su primera aplicación extramecánica a la teoría del calor y la electricidad respectivamente, mientras que Carnot intentó extender tal aplicación a toda la física².

2. La historicidad y no autosuficiencia de la física

La física no es autosuficiente porque en todo momento necesita ser complementada con el estudio de su propia historia y mediante consideraciones psicológicas y fisiológicas. Siempre enfrentamos la totalidad de los elementos, por lo que si solo tomamos en cuenta sus interrelaciones y dejamos de lado a nuestro propio cuerpo, nos transformamos en físicos.

La física es pues un modo peculiar de referirnos al complejo de los elementos³. La interacción entre física, psicología y fisiología es inevitable porque lo que es importante para el científico es la captación completa de todas las condiciones de un hecho. De este modo, se dejan de lado viejos prejuicios acerca de la existencia de barreras ópticas entre las ciencias y entre aspectos de una única realidad.

Mach percibió la historicidad de la física a través del carácter histórico de sus problemas. La investigación física surge y se desarrolla como una actividad de solución de problemas. Luego, los físicos deben entender dichos problemas mediante el estudio de su historia. Estos surgen en un contexto histórico determinado y cambian

² Sin embargo, el punto de vista mecánico (que incluye el atomismo) no desempeña el mismo papel que el principio de conservación de la energía como instrumento muy importante de investigación, porque tal perspectiva nos inclina a creer que la naturaleza es unidimensional. Pero, sin duda, los científicos se han resistido a abandonar el punto de vista mecánico (especialmente por su poder predictivo), aunque no es ni necesario ni más inteligible que otros puntos de vista en tanto es posible dar una buena versión de los fenómenos independientemente de la versión mecánica, tal como las de James Maxwell y la suya misma lo ejemplifican.

³ Mach aclara que “si este modo de presentación es tan limitado e inflexible que no nos permite más seguir la multidimensionalidad de los fenómenos, entonces no debe ser más usado como una fórmula y comenzará a ser un impedimento para nuestro conocimiento de los fenómenos. Esto sucede [...] en la concepción mecánica de la física” (1911, p. 40).

gradualmente a través de los siglos a la vez que nosotros los abordamos desde nuestra propia perspectiva histórica. Tal percepción es deformada por los libros de texto que eliminan no solo los errores de científicos del pasado sino todo aquello que esté más allá de los intereses dominantes en el momento en que son escritos tales libros.

Estos problemas son abordados y resueltos usando principios que perduran a través del desarrollo histórico, aunque los mismos adopten diferentes facetas en los distintos períodos. Constituyen un nexo compartido por los diversos períodos, y conforman así la base de la continuidad de la física, la que, por ende, tiene un desarrollo continuo, siempre cambiante e incompleto.

La historia de la física muestra también que hay una única e importante presuposición subyacente a la investigación física: hay una dependencia funcional entre los fenómenos (la cual deviene más y más precisa con el correr del tiempo)⁴. Por ejemplo, la dependencia entre causa y efecto no es precisa y es mejor representada por el concepto de función. De hecho, las leyes de la física son leyes de dependencia funcional, por lo que causa y efecto devienen superfluos.

Por lo tanto, la mayor y más clara máxima machiana para la investigación científica es que los científicos deben encontrar cómo ciertos elementos dependen de otros elementos (principio de Mach). A su vez, el valor más importante de la investigación histórica es impedir el error tradicional de presuponer una necesidad intrínseca a todo producto de la actividad científica. En vez de necesidad filosófica, su condición es de contingencia histórica.

3. El conocimiento como principal herramienta humana de adaptación

Hay una obvia continuidad entre el conocimiento vulgar y el científico puesta de manifiesto en el objetivo común de ambos: facilitar nuestra adaptación. La ciencia debe completar lo que es dado limitadamente a nuestros sentidos; para ello, ha de utilizar concep-

⁴ “El objetivo de toda investigación es establecer el modo de conexión de los elementos”. Estos están interconectados “en relaciones de variable evanescencia y permanencia” (Mach, 1897, p. 14). Además, “no hay separación entre ‘dentro’ y ‘fuera’, no hay sensaciones a las cuales les corresponda una ‘cosa’ exterior diferente. Hay un único tipo de elementos a partir de los cuales se forma tal supuesto ‘dentro’ y ‘fuera’, elementos que están en sí mismos dentro y fuera de acuerdo a la luz en la cual, en un determinado momento, son visualizados” (ibíd., p. 151).

tos, hipótesis y leyes. Hay pues un doble proceso de adaptación llevado a cabo en la ciencia: los pensamientos se adaptan a los hechos y a otros pensamientos. Esto último requiere la clarificación de nuestros pensamientos llevada a cabo por la eliminación de contradicciones, la sistematización deductiva y la conciliación en el desarrollo histórico de distintos puntos de vista. Es este proceso de clarificación lo que distingue al conocimiento científico del vulgar.

Toda investigación científica, en tanto colabora con la adaptación, está gobernada por la máxima suprema de los procesos adaptativos: el esfuerzo para la realización de lo económico. Pueden distinguirse diversos aspectos de tal economía: a) los conceptos y juicios abarcan sintéticamente hechos, b) los complejos de hechos se resuelven en el conocimiento del modo más simple posible, c) el punto de vista que se adapta a los hechos es aquel que se acomoda con el menor gasto de energía al estado colectivo del conocimiento.

La mente humana tiene que proceder económicamente porque cuando quiere conocer el mundo no puede hacerlo de manera exhaustiva. Luego, la consistencia entre los pensamientos y la reducción en número de las ideas y principios básicos son parte de la necesidad biológica de economizar y organizar nuestro pensamiento. La sucesiva restricción de la ciencia a dominios más estrechos muestra también el carácter económico de toda actividad humana.

Tanto la fortaleza como la debilidad de la ciencia radican justamente en tal carácter económico ineludible. Los hechos están siempre representados de modo incompleto, por lo que siempre habrá una inadecuación entre pensamientos y hechos, aunque a pesar de ello, la distancia entre pensamientos y hechos habrá de disminuir continuamente. Esto parece ir contra las interpretaciones usuales que hacen de la epistemología de Mach un caso de instrumentalismo.

4. Ni realismo metafísico, ni instrumentalismo

Varias de las tesis de Mach han llevado a diversos filósofos de la ciencia a caracterizar a su concepción de la ciencia como un caso arquetípico de instrumentalismo. Entre dichas tesis, podemos mencionar a las siguientes: las hipótesis científicas son resúmenes de hechos, no debe apelarse a entidad o principio extrafenoménico alguno, solo es posible explicar lo desconocido a partir de hechos conocidos, el objetivo principal de la ciencia es obtener predicciones exitosas.

Sin embargo, creemos que hay ciertos aspectos importantes de la concepción de Mach que nos invitan a ser prudentes o a debilitar el rótulo de instrumentalismo. Si bien es cierto que, de acuerdo a Mach, la ciencia solo nos provee de conocimiento de lo que es dado a nuestros sentidos, también lo es que este es el único tipo de entidades que realmente hay. En consecuencia, estrictamente hablando, nuestro conocimiento intenta referirse a lo real, es decir, a los elementos y sus interrelaciones. Además, Mach jamás negó el carácter explicativo de la ciencia; toda adecuada y precisa descripción es por sí misma explicativa. Lo que él rechazó fue la necesidad de ir más allá de los hechos para explicar los mismos.

La principal diferencia que encontramos entre la postura de Mach y otras epistemologías usualmente rotuladas como no instrumentalistas no radica en la oposición entre tesis como “no hay conocimiento de lo real” y “hay tal conocimiento” o entre “la ciencia no explica” y “la ciencia explica”. La diferencia estriba especialmente en dónde ponemos el acento en el segundo miembro de ambas oposiciones. Por lo tanto, las cuestiones importantes han de ser: ¿qué entendemos por real? y ¿qué concebimos por explicación científica?

Además hay ciertas propuestas de Mach que no suenan instrumentalistas en absoluto. Por ejemplo, la ciencia trata de expresar la constancia de las conexiones entre los elementos y, cuando “estas conexiones son expresadas en conceptos, las llamamos leyes”⁵ Muchas veces, ciertas afirmaciones de Mach usualmente citadas como representativas de instrumentalismo, fueron hechas por él para mostrar que las nociones metafísicas son eliminables. Por supuesto, no podemos ni debemos identificar todo intento de eliminar metafísica con instrumentalismo; así, cuando Mach critica el principio de causalidad y concluye que la dependencia mutua entre ciertos rasgos solo existe en nuestras mentes, él meramente está tratando de criticar la idea metafísica de causa.

Para nosotros, lo más importante es que Mach acepta la posibilidad de que el conocimiento científico trata de acercarse más y más a los hechos. Aunque no podamos describirlos directamente, lo hacemos paso a paso (descripción indirecta). En la situación ideal, todo enunciado científico es reducido a una descripción directa, una meta que la ciencia está siempre tratando de alcanzar.

Es cierto que Mach no asume (como lo hacen muchos realistas científicos) hipótesis metafísicas para garantizar la referencia

⁵ Mach (1895, p. 191).

extrafenoménica de los conceptos y leyes. Pero esto se debe a que él no acepta ningún dominio extrafenoménico. De hecho, es factible interpretar la tarea de Mach como uno de los intentos más rigurosos para mostrar que la ciencia puede ser fundamentada sin supuestos metafísicos. Incluso Mach, para evitar ideas metafísicas, construyó sujeto y objeto, así como la diversidad de objetos, a partir del complejo de elementos. No extraña pues que no haya aceptado la noción de verdad en un sentido trascendente, aunque sea posible decir que nuestro conocimiento es correcto o incorrecto; así, si no establecemos correctamente las condiciones bajo las cuales ocurren los fenómenos, surgen los errores. Pero, aun en este caso, el reconocimiento de los mismos nos permite mejorar nuestro conocimiento.

La tesis filosófica subyacente a todo ello es que la experiencia es la única categoría ontológica auténticamente significativa. Esta es precisamente, según nuestra opinión, la premisa más importante detrás de las diferencias entre la postura de Mach y otras posturas más fuertemente no instrumentalistas como, por ejemplo, la de Planck.

II. Max Planck: realismo científico con metafísica

1. La imagen del mundo de la física

Planck también nos habla de una imagen del mundo propia del físico cuya cualidad principal es tratar de alcanzar el mayor acercamiento posible entre el mundo de la experiencia sensorial y el mundo real. A partir de tal experiencia sensorial debe eliminarse todo aquello que pueda provenir de las tendencias subjetivas de los órganos sensibles mismos y luego todo aquello atribuible a las especificidades de las circunstancias mismas. Es obvio que además debe carecer de toda incoherencia lógica. Cumplido todo ello, el científico es libre para llevar a cabo sus construcciones mentales, siempre de acuerdo a un plan que comienza siendo hipotético y con propósitos bien establecidos. Cuando los datos no se adecuan al plan, se lo cambia por otro. Para esto no hay una regla de oro, sino ser consecuente con una determinada línea de pensamiento hasta que tenga inconvenientes con los datos.

Por lo tanto, además del mundo de la realidad y el de los sentidos, hay otro mundo que debe ser distinguido de los anteriores; es un tercer mundo al que Planck llama el mundo de la física. Consis-

te en una hipótesis que deliberadamente propone la mente humana, y por lo tanto está condenado a cambiar en una suerte de evolución⁶. En relación con el mundo real su función es aprehenderlo del modo más completo posible y, respecto del mundo de los sentidos, su objetivo es describirlo en los términos más simples posibles.

2. Lo empírico, supuestos metafísicos y el objetivo de la ciencia

Queda, pues, claro que no todos los conceptos que constituyen las hipótesis son de origen empírico porque toda hipótesis es producto de la imaginación, o sea de la mente humana especulando libremente. Luego, la medición mediante nuestros órganos sensibles no es, contra el positivismo, todo el objetivo del proceso mediante el cual avanza la ciencia física. Tales resultados de mediciones no son más que un complejo más o menos intrincado de reacciones a lo que sucede en el mundo exterior. Su interpretación depende de la pregunta que nosotros estemos planteando a la naturaleza, y no se puede formular pregunta alguna razonable si no se dispone de una teoría a la luz de la cual se formula tal pregunta.

Lo dicho enfatiza que para Planck el positivismo tiene límites insuperables en sí mismo. Las construcciones teóricas hipotéticas son invenciones de la razón humana. Pero para el positivismo, “todo el mundo alrededor nuestro no es nada más que un análogo a las experiencias que hemos recibido. Hablar de tal mundo como existiendo independientemente de dichas experiencias es hacer un juicio que no tiene significado”⁷. Por eso es que para el positivismo “no hay lugar para tipo alguno de metafísica”⁸.

Planck cree, erróneamente, que este punto de vista empirista conduce de manera necesaria al callejón sin salida del solipsismo. Según sostiene, para evitarlo hay que introducir desde el comienzo “de una vez para siempre una hipótesis metafísica que no tiene na-

⁶ Planck se cuida bien de aclarar que los mayores descubrimientos no se llevan a cabo con propósitos adaptativos: “Las fuerzas de la naturaleza, tales como la electricidad, no fueron descubiertas por los hombres comenzando con el propósito explícito de adaptarlos con propósitos utilitarios. El descubrimiento científico y el conocimiento científico se han alcanzado solo por aquellos que los han perseguido sin propósito práctico alguno en vista” (ibíd., p. 93).

⁷ Planck (1970, p. 30).

⁸ Ibíd.

da que ver con la experiencia inmediata de impresiones sensibles o con las conclusiones derivadas lógicamente a partir de ellas”⁹.

Esta adopción inicial de corte metafísico es ineludible porque “una ciencia que comienza predicando la negación de la objetividad ya se ha sentenciado a sí misma”¹⁰. Ninguna ciencia se puede fundar sobre las experiencias de seres humanos individuales. Al decir esto estamos aceptando la hipótesis de que las percepciones sensibles no crean ellas mismas el mundo físico alrededor nuestro, sino que más bien nos informan acerca de otro mundo que es exterior e independiente de nosotros¹¹. De ahí que existen, según Planck, dos supuestos (llamados por él “teoremas”) que constituyen el núcleo central del cual depende toda la estructura de la ciencia física: 1) hay un mundo exterior que existe independientemente de nuestro acto de conocimiento, y 2) el mundo exterior real no es cognoscible directamente¹². De ahí que el modo científico de pensar debe tener clara desde el comienzo la distinción entre el objeto exterior de observación y la naturaleza subjetiva del observador.

Se entiende pues que el objetivo último de la investigación científica sea, para Planck, el de “proveer un conocimiento siempre creciente del mundo exterior real en derredor nuestro”¹³. Un mundo que el físico debe asumir que está regido por algún sistema de leyes que pueden ser comprendidas por el ser humano, si bien jamás ha de comprenderlas en su totalidad y con plena certeza¹⁴. La ciencia se propone finalmente conocer la cosa misma, y aunque nos percateemos de que tal meta nunca será alcanzada, luchamos aún y lucharemos siempre para acercarnos a ella; sabemos además que en cada paso de esta marcha nuestros esfuerzos serán premiados tal como lo confirma la historia de la ciencia¹⁵.

⁹ *Ibíd.*, p. 85.

¹⁰ *Ibíd.*, p. 40.

¹¹ Planck sostiene: “toda ciencia individual establece su tarea específica mediante la renuncia explícita del punto de vista egocéntrico y antropocéntrico” (*ibíd.*, p. 92).

¹² “Los principios fundamentales y los postulados indispensables de toda ciencia genuinamente productiva no están basados en la lógica pura sino en la hipótesis metafísica –que ninguna regla lógica puede refutar– de que existe un mundo exterior que es totalmente independiente de nosotros” (*ibíd.*, p. 94).

¹³ *Ibíd.*, p. 41. Ello es consistente con afirmar que “la meta ideal ante la mente del físico es comprender el mundo exterior de la realidad” (*ibíd.*, p. 43).

¹⁴ Véanse, por ejemplo, *ibíd.*, pp. 43 y 63.

¹⁵ “Aquí podemos aplicar el dicho de Lessing: No es la posesión de la verdad sino el esfuerzo en nuestra lucha por alcanzarla lo que provoca gozo en el investigador” (*ibíd.*, p. 151).

3. Metafísica, principio de causalidad y atomismo

Al preguntarse Planck si aún en el siglo XX debe aceptarse como válido al principio de causalidad para todo evento físico o si para el dominio atómico y subatómico debe asignársele solo una significación estadística, su respuesta es que cada físico puede adoptar cualesquiera de las dos actitudes pero, en cada caso, debe preguntarse cuán lejos ha de llegar con la elección realizada. Por ende, debe adoptarse una de las dos opciones y establecer las conclusiones que se sigan de ella.

Planck, prefiere lo que él llama una “causalidad estrictamente dinámica”, porque “la idea de un universo gobernado dinámicamente por leyes es de una aplicación más amplia y más profunda que la idea meramente estadística, que parte de restringir el rango de descubrimiento, porque en la física estadística hay solo aquellas leyes que se refieren a grupos de eventos”¹⁶. Pero, la razón más importante es que Planck no ha encontrado aún justificación alguna que lo obligue a abandonar el supuesto de un universo gobernado estrictamente por leyes¹⁷.

Por lo tanto, Planck considera al principio de causalidad (todos los fenómenos naturales y psicológicos ocurren invariablemente de acuerdo a la rígida secuencia de causa y efecto) como un postulado indispensable de toda investigación científica¹⁸.

Su aceptación ineludible de supuestos metafísicos es consistente con su crítica a aquellos puristas quienes, como Ernst Mach, se oponen a la teoría atómica. Planck afirma que Mach creyó que la

¹⁶ *Ibíd.*, p. 58. Planck aclara que si bien los eventos singulares son reconocidos explícitamente la cuestión de que su secuencia es gobernada por leyes es declarada sin sentido sobre fundamentos a priori.

¹⁷ Planck no cree que la teoría cuántica ponga límites al principio de causalidad porque “la hipótesis cuántica eventualmente encontrará su expresión exacta en ciertas ecuaciones que serán una formulación más exacta de la ley de causalidad” (*ibíd.*, p. 98). Las leyes estadísticas, incluso, “dependen del supuesto de que la ley de causalidad funciona estrictamente en cada caso particular [...]. Si nos fuera posible seguir el movimiento de cada molécula individual [...] entonces encontraríamos en cada caso el cumplimiento exacto de las leyes dinámicas” (*ibíd.*, p. 100).

¹⁸ Planck expresa reiteradamente su acuerdo con Immanuel Kant quien formuló que el principio de causalidad (“todo lo que ocurre presupone algo de lo cual se sigue de acuerdo a una ley”) es independiente de toda experiencia. Planck aclara que tal proposición kantiana no puede entenderse como afirmación de que todo lo que sigue regularmente a otra cosa tiene una relación causal con la misma. Por ejemplo, quizás no exista una sucesión más regular que la del día y la noche, pero nadie afirmaría que el día es la causa de la noche.

resucitación de la vieja doctrina atómica significó un retroceso y dificultó más que contribuyó al desarrollo filosófico de la física moderna. Planck agrega que aunque la teoría atómica ha demostrado su derecho a existir en vista de los resultados que ha producido, el purista se toma mucho tiempo para aceptarla. Ello se debe a que el éxito de una nueva teoría en física no puede decidirse de acuerdo a su consistencia lógica con nociones ya aceptadas, sino más bien por el test de si explica y coordina (o no) ciertos hechos ya afirmados pero que no pueden ser explicados de otra manera que no sea en términos de la nueva hipótesis. Esto no solo sucedió con la hipótesis atomista sino también, por ejemplo, con la hipótesis cuántica. Formulada originariamente para resolver un problema de radiación que existía desde hacía tiempo “en manos de Albert Einstein fue pronto aplicada para explicar la constitución de la luz, y en las de Niels Bohr, para explicar la estructura del átomo”¹⁹.

III. 1910-1911: La polémica

Como se sigue casi como un corolario de las concepciones de la imagen científica sostenidas respectivamente por Mach y Planck, este último –en el primero de los tres trabajos que componen la discusión epistemológica entre ambos físicos– se opuso a casi todas las tesis de Mach.

1. Las críticas de Planck a Mach

Planck comenzó la polémica epistemológica en el primer trabajo de dicha trilogía preguntando ¿qué significamos realmente cuando hablamos de una imagen-del-mundo física? ¿es ella meramente un concepto intelectual conveniente aunque en esencia arbitrario o debemos adoptar la versión opuesta según la cual tal imagen refleja procesos naturales reales independientes de nosotros? Estas preguntas, obviamente, tienen a Mach como destinatario. Pero creemos que ellas están asentadas en dos incorrectas interpretaciones del punto de vista de Mach. En primer lugar, el convencionalismo de la imagen-del-mundo no implica arbitrariedad alguna porque hay siempre, de acuerdo a Mach, una regla que rige

¹⁹ *Ibíd.*, p. 131.

la adopción de la imagen: adoptamos aquella imagen que nos permita actualizar y reforzar el proceso de adaptación. En segundo lugar, la expresión “independiente de nosotros” muestra que Planck interpretó incorrectamente la posición de Mach como un tipo de idealismo subjetivista. Pero Mach mismo y muchos de sus comentaristas destacaron reiteradamente que él defendió una suerte de monismo neutral según el cual los elementos no son ni subjetivos ni exclusivos de individuos considerados en particular. Así, por ejemplo Moritz Schlick, uno de los más sutiles lectores de Mach, afirmó que “Ernst Mach enfatizó especialmente que su propio positivismo se desarrolló en dirección opuesta a la de la metafísica solipsista berkeleyana”²⁰.

Luego, Planck, especialmente en la segunda mitad del trabajo inaugural de la trilogía mencionada, introdujo sus principales y explícitas objeciones a la epistemología de Mach. Sistematizaremos las mismas en el orden en que presentamos en la sección I de este trabajo las propuestas de Mach acerca de conceptos, leyes, principios y teorías.

Planck reconoce el papel básico desempeñado por las sensaciones en la ciencia, pero, a la vez, señala que la física en su desarrollo histórico ha abandonado gradualmente dicho papel. Por lo tanto, el conocimiento científico, en oposición a lo afirmado por Mach, no es el resultado de adaptarnos a nuestras impresiones sensibles sino todo lo contrario, pues el mismo trata de desembarazarse gradualmente de toda connotación subjetivista. Esto no hace real justicia con Mach, porque olvida nuevamente el carácter no subjetivista de los elementos y sus interrelaciones, cuando se debe recordar que son estos los auténticos referentes de nuestros conceptos, leyes y teorías.

Hay además oposiciones importantes entre ambas versiones acerca de la naturaleza y función de los conceptos científicos. Planck, a diferencia de Mach, piensa que los conceptos no son meramente experiencia abreviada. Pero esto, nuevamente, olvida que para Mach tales conceptos se enriquecen y extienden mucho más allá de cualquier experiencia individual mediante su uso y refinamiento a lo largo de la historia y su coordinación con conceptos de áreas distintas de investigación. No nos sorprende pues que Planck afirme, en supuesta crítica a Mach, que los conceptos fundamentales de la física tienen una independencia y carácter absoluto completamente diferentes a las ideas de Mach sobre ellos. Otra vez, hay aquí una

²⁰ Schlick (1959, p. 85).

obvia confusión de Planck acerca de los conceptos en Mach quien ni les negó cierto tipo de independencia (de los sujetos individuales), ni los relativizó haciéndolos parasitarios de intereses, gustos, etc., de individuo o grupo alguno²¹.

Las leyes científicas dan lugar a una de las mayores oposiciones entre ambos físicos. Planck afirma que la búsqueda de leyes no está motivada por razones de economía a la vez que hace hincapié en que las mismas tienen siempre referencia extrafenoménica. Por lo tanto, no son meros instrumentos de predicción. Recordemos que tampoco lo son para Mach, y no olvidemos que, contra lo que piensa Planck de Mach, este no negó que ellas se acerquen gradualmente a algo. La gran diferencia estriba en que tal “algo” no es ubicado más allá de los fenómenos.

Los principios físicos, a su vez, o al menos los más generales, parecen desempeñar, según Planck, un papel categorial: constituyen el marco de una imagen-del-mundo. Por ende, tales principios no solo tienen validez transubjetiva sino también transcultural y transhistórica: garantizan la pretensión de la imagen-del-mundo de acercarse a la verdad. Por si esto fuera poco, la unidad de la imagen-del mundo está fundada en la unidad de tales principios y de las leyes que dependen de ellos²².

Mach también creía que la física nos provee de una imagen-del-mundo. Sin embargo, ella siempre permanece lo que es: una imagen, una perspectiva que necesita ser complementada. Además, él nos dice explícitamente que tal imagen es imagen del mundo. Tal mundo es precisamente el complejo de elementos de la experiencia y no se extiende más allá de ellos.

Quizás el desacuerdo básico entre ambas posturas sea acerca de qué debe entenderse por la expresión “imagen física-del-mundo”. Ello se debe a que hay discrepancias fundamentales sobre las expresiones “imagen” y “mundo”. En el caso de Planck, la imagen debe ser como reflejo de algo más, no así en el caso de Mach. Para Planck el mundo del que se propone una imagen es, en última instancia el mundo en sí transfenoménico, mientras que para Mach no sería nada más que una prescindible entidad metafísica.

²¹ Por supuesto, Planck dejó de lado también la crítica de Mach al concepto de sustancia y rechazó el proceso mediante el cual sujeto y objeto surgen desde la base monista.

²² Planck sostiene, además, que la validez de la imagen-del-mundo se refleja en la universalidad, en espacio y tiempo, de las constantes universales.

Planck acusa a Mach de no haber justificado la constancia de la imagen-del-mundo. Pero una somera lectura de Mach acerca de la historia de la física pone de relieve que para él el estudio de las raíces históricas de problemas, conceptos, leyes y principios permite descubrir los aspectos constantes de las distintas imágenes del mundo que se fueron dando a lo largo de la historia. Son precisamente tales constantes las que garantizan la continuidad del desarrollo de la física, una continuidad que, según reconoce Planck, Mach tuvo en cuenta. Por supuesto, ambos disienten acerca de los factores que determinan la constancia de la imagen-del-mundo. Planck cree que el mundo-en-sí (noumenal) garantiza la constancia y unidad de la imagen-del-mundo, aunque no tengamos acceso directo al mismo porque es imposible eliminar completamente nuestras sensaciones; es por ello que, en palabras de Planck, “el conocimiento directo de lo absoluto está fuera de toda cuestión”²³.

Mach afirma que “la permanencia de la relación entre las reacciones descritas por las leyes científicas es la más alta sustancialidad que la ciencia ha descubierto hasta hoy, algo más permanente que cualquier cosa conocida como sustancia”²⁴. Además, de acuerdo a Mach el proceso de acercamiento al conocimiento del mundo no es un proceso de gradual eliminación de sensaciones sino, por el contrario, de gradual eliminación de hipótesis. Y el mundo no involucra algo más allá de la experiencia, pues lo real es reconstruido a partir de la conjunción de diferentes perspectivas. Para Planck, en cambio, el mundo real es algo más allá de toda experiencia, el polo inalcanzable de nuestras teorías científicas.

El primer *round* de la polémica finaliza con una sugestiva pregunta de Planck: ¿no hubiera sido más económico asignarle al principio de economía un lugar más modesto?

2. La respuesta de Mach

Mach respondió a las críticas de Planck en su trabajo “Los principios guía de mi teoría científica del conocimiento y su recepción por mis contemporáneos”, en el cual hace una breve síntesis de su epistemología a la que ya resumimos escuetamente en la primera sección de este trabajo. En su respuesta crítica a Planck, Mach

²³ Planck (1970, p. 21).

²⁴ Mach (1970, p. 43).

enfatisa : 1) el carácter fundamental e imprescindible de las sensaciones, y la generación a partir de ellas de representaciones y conceptos, 2) el principio de economía que rige la formación de conceptos y leyes, 3) la necesidad de complementar la postura física con psicología, fisiología e historia para obtener un conocimiento cada vez más adecuado y siempre perfectible de los hechos, 4) el conocimiento como instrumento fundamental de los humanos para la adaptación a la vida en todas sus dimensiones.

A partir de ello, Mach responde a las críticas de Planck haciendo hincapié en que 1) no es correcto caracterizar a su postura como solipsismo subjetivista²⁵; 2) si bien las sensaciones son siempre punto de partida como fuente básica de todo nuestro conocimiento, no es posible desistir de ellas, contra lo que cree Planck, para obtener conceptos más y más abstractos²⁶; 3) el abandono de la noción de sustancia como algo subyacente y sostén de los elementos sensibles de un objeto que quedaría como resto imposible de eliminar si omitiéramos la totalidad de dichos elementos sensibles. Por ende, la idea filosófica de sustancia “es puramente un producto de fantasía creativa”²⁷. 4) Todo lo anterior le permite señalar otra vez, como en sus trabajos anteriores, que “cree que ha arribado a una interpretación natural del mundo, libre de adiciones especulativo-metafísicas”²⁸.

Es en relación con esto último que debe centrarse nuestra discusión acerca del agregado más importante en el trabajo de Mach: su rechazo de la existencia real de los átomos en oposición a la actitud fuertemente realista de Planck al respecto.

Después de 1900, Planck adoptó la interpretación estadística

²⁵ Mach (1970, p. 40): “Está más allá de toda posibilidad para mí interpretar a las sensaciones en un modo completamente subjetivista”. Por eso es que “la reproducción de las experiencias sensibles por la memoria (representaciones) constituyen los primeros bloques de construcción de la ciencia. En tanto estas representaciones (o ideas) se adaptan a experiencias, crece nuestro conocimiento del entorno, y por ende crece también nuestro uso intelectual y práctico de ese conocimiento” (ibíd, p. 41). Y, en tanto “uno no puede iniciar algo en el entorno por medio del brillo y centelleo de una llama imaginaria, sino mediante una llama sensuada la cual está ligada a *ser una llama*, con la cual uno puede hervir agua. Luego, las sensaciones pertenecen a ambos, el mundo físico y psíquico, las representaciones solo al último” (ibíd.).

²⁶ Mach (1970, p. 40): “Lejos de lamentar que no podemos excluir impresiones sensibles, debemos en cambio valorarlas como la única fuente de la física, y no debemos condenarlas al olvido inmediatamente después de usarlas”.

²⁷ Ibíd., p. 42.

²⁸ Mach (1970, p. 38).

de la segunda ley de la termodinámica. Él relacionó dicha interpretación a la objetividad de los principios y a la aceptación de la realidad de los átomos²⁹. Mach respondió que no era esencial para el físico asumir la realidad de los mismos. Planck había señalado que los átomos “no son ni más ni menos reales que los cuerpos celestes, o los objetos terráqueos que nos rodean”³⁰. Mach, por el contrario, creía que si concebimos a los átomos como meros átomos (es decir, sin adscribirles además realidad) no nos opondríamos al estado actual de la física. Por lo tanto, la única diferencia radical entre ellos al respecto era la creencia en la realidad de los átomos, algo que Mach no suponía que era imprescindible para dar cuenta de todo lo que la física contemporánea proponía.

Por lo tanto, es necesario distinguir entre dos cuestiones: la relativa a su realidad y la relativa a su utilidad para predecir experiencia. Después de 1872 Mach no negó a la teoría atómica, sino que solo rechazó la realidad de los átomos. Además, afirmó que la concepción atomista de la materia estaba profundamente enraizada en la historia de la mente humana. Así, en 1885 pensaba que los átomos eran implementos tradicionales de la disciplina, pero que teníamos poco derecho a esperar de ellos, como de los símbolos del álgebra, algo más que lo que pusimos en ellos, ni tampoco, ciertamente, más iluminación clarificadora que la que proviene de la misma experiencia.

Esta discusión entre Mach y Planck sobre el atomismo nos parece íntimamente vinculada a sus concepciones de las premisas básicas que rigen, según cada uno de ellos, los fundamentos de la ciencia. La premisa machiana parece ser: “debe eliminarse todo aquello que nos fuerce a presuponer principios metafísicos”. Planck, a su vez, parece adherir al imperativo: “debe rechazarse toda propuesta que nos fuerce a negar el realismo acerca de los conceptos y leyes físicas”. Consistentemente, la mayor objeción que Mach formula contra la concepción atomista es que no es correcto adscribir al dominio microfísico conceptos mecánicos derivados de la experiencia con cuerpos macroscópicos. Para Planck, por el contrario, si hacemos ello negamos la realidad de aquello a lo que refieren los conceptos físicos.

Es conveniente comprender la actitud de Mach acerca del atomismo centrándonos en la situación dominante al respecto desde mediados del siglo XIX. Debe destacarse que Mach no aceptaba ni

²⁹ Planck (1970, pp. 17-19).

³⁰ *Ibid.*, p. 24.

el energetismo de Ostwald ni la actitud antiatomista extrema de von Fichte debido a que nunca creyó que la materia es fuerza que llena el espacio, algo que para Mach era tan sospechoso como la realidad de los átomos. En varios de sus libros argumentó contra el atomismo físico. Así en sus *Conferencias científicas populares*, Mach afirmaba que “no devendría ciencia física ver en sus herramientas autocreadas y económicas, moléculas y átomos, realidades detrás de los fenómenos [...]. Los átomos deben permanecer una herramienta para representar fenómenos”³¹. En 1895 tuvo lugar la discusión Ostwald-Boltzmann. En relación con ella, ya dijimos que Mach nunca aceptó el energetismo de Ostwald, pero tampoco aceptó la interpretación estadística de la termodinámica aunque reconocía el valor de la teoría cinética y la interpretación mecánica de la segunda ley de la termodinámica. En 1903, cuando Mach observó el impacto de partículas-alpha sobre una pantalla (Elster, Gettel, Crooks), se apresuró a afirmar: “ahora creo en la existencia de los átomos”; pero, cuando alrededor de 1910 Planck atacó su postura, él volvió a sostener que el atomismo no era nada más que una hipótesis meramente predictiva, algo que repitió en el prefacio de su óptica física en 1913.

Planck acusó a Mach de no adaptar su punto de vista al estado contemporáneo de la física. Creemos, sin embargo, que Planck no fue totalmente justo. Mach nunca negó la importancia del modelo atomista en tanto tal. Lo que hizo, por razones de coherencia con su modelo y de no necesidad explicativa epistémica, fue negar realidad a los átomos. Por ello, cuando Einstein le preguntó si él aceptaría la teoría atómica en el caso de que fuera la única capaz de dar una versión aceptable de los hechos experimentales, Mach contestó que por supuesto lo haría, pero sin la necesidad de asumir que los átomos existen realmente.

En su respuesta a la crítica de Mach al primer trabajo de Planck, este reconoce que “durante mi período de Kiel (1855-1889) fui uno de los más firmes defensores de la filosofía de Mach [...]. Pero luego la abandoné especialmente porque la filosofía natural de Mach fue incapaz de cumplir la brillante promesa: la eliminación de todo elemento metafísico de la teoría física del conocimiento”³². En

³¹ Mach (1903, p. 202).

³² Planck (1970, p. 46). Esta promesa incumplida consistió en que “el concepto de economía perdió [en la obra de Mach] su significado original y se transformó en un concepto metafísico” (ibíd., p. 47). Pero, el muy breve argumento para supuestamente concluir tan importante tesis crítica no es claro ni conclusivo (véanse, al respecto, pp. 46-47). Mach, en el segundo trabajo de la trilogía, había señalado que el principio de economía satisfacía otras metas además de los objetivos prácticos.

verdad, creemos que la abandonó por la influencia de una correspondencia con Lorentz en 1908 y de Einstein, quien desde 1900 hasta 1908 le insistió en adoptar una interpretación realista para la hipótesis cuántica. Planck se resistía por su firme creencia en la continuidad entre su teoría cuántica y la teoría clásica, idea que finalmente abandonó ante los éxitos explicativos y predictivos de Einstein en su utilización de una interpretación realista de la teoría cuántica planckiana al aplicarla al efecto fotoeléctrico y a su versión del calor específico (entre 1905 y 1908). La vehemencia de los ataques de Planck contra Mach pueden explicarse no solo por su reciente conversión, sino además por su adopción de la interpretación estadística de Boltzmann de la entropía. Esta última era vital para una interpretación física aceptable de las fórmulas cuánticas de Planck; por ende, todo aquel que se opusiera a dicha interpretación era un enemigo de la teoría cuántica³³.

Tal vehemencia se pone especialmente de relieve en dicha respuesta final de Planck quien afirma: “Yo no me siento inclinado a continuar con esta discusión. Pues no puedo esperar convencer a mis adversarios; por el contrario, debo prepararme a ser reprochado nuevamente por malentender todo”³⁴. Creemos que tales adversarios tienen parte de razón pues Planck, tal como ya lo señalamos, cometió algunos errores de interpretación acerca de la postura de Mach. Es curioso, pero Mach, al final del segundo de los trabajos discutidos, enfatizó justamente que “uno debe primero hacer algún intento en comprender a su oponente”³⁵.

¿Cómo entonces evaluar los resultados de tal debate? Planck mismo propone lo que le parece un criterio que lo va a favorecer:

Planck se pregunta, entonces, cuáles pueden ser esas otras metas. Pero Mach ya había claramente contestado a tal pregunta al afirmar que el principio de economía, en su implementación científica, no solo permite satisfacer necesidades prácticas, sino también objetivos ideales, como, por ejemplo, permitirnos dejar de lado la insatisfacción intelectual. Por lo tanto, el concepto de economía no devino carente de significado ni, por ende, metafísico.

³³ Para una brillante síntesis de las transformaciones epistemológicas de Planck entre 1900 y 1908-1909, véase Kuhn (1983). Planck, consistentemente, concluye el tercer trabajo de la trilogía discutida afirmando que “un físico que quiere hacer avanzar su ciencia debe ser un realista, no un economista –esto es, él debe primero y principalmente buscar entre los fenómenos variables aquello que sea eterno y duradero, y tratar de sacarlo a la luz–. La economía intelectual le ha de servir como medio, pero no como un fin. Esto ha sido siempre así y –a pesar de E. Mach y de su llamada antimetafísica– sin duda siempre lo será” (1970, p. 52).

³⁴ Planck (1970, p. 48).

³⁵ *Ibid.*, p. 43.

“Por sus frutos ha de resolverse”³⁶. Pero, ¿de cuáles frutos hablamos?, ¿meramente científicos, epistemológicos, prácticos...? Como veremos al abocarnos aunque sea brevemente a ellos, no nos proveen de respuesta absoluta y final alguna.

IV. ¿Ni vencedores ni vencidos? Depende...

Tal dependencia lo es de varios y distintos parámetros.

Si tomamos en cuenta los argumentos desarrollados por ambos científicos en la polémica, sin duda Mach llevó la mejor parte, porque su adversario basó varias de sus críticas en erróneas interpretaciones de diversas tesis de su interlocutor.

Si seguimos el consejo de Planck y nos preguntamos por los frutos de ambas posturas, entonces nos encontraremos con el hecho no sorprendente de que la respuesta a tal pregunta depende no solo del parámetro respecto del cual respondamos sino también del momento histórico al cual nos refiramos.

Si la fecha elegida es inmediatamente posterior a la polémica, Planck parece llevar las de ganar pues entre 1913 y 1920 los aportes de Bohr a la teoría atómica se consideraron decisivos a favor de la realidad de los átomos. Pero, luego de la aceptación por la comunidad física del principio de indeterminación parece haber una tendencia a limitar el alcance del principio de causalidad y a acercarlo más a una interpretación empirista que realista³⁷.

Después de 1927 y con la gradual supremacía de la interpretación ortodoxa de la mecánica cuántica, el realismo metafísico de Planck, especialmente sus anticipaciones acerca de la viabilidad de un nivel causalista-determinista que subyace al mundo subatómico, parece cada vez más fuera de lugar³⁸. Aquí, la resistencia de Mach a aceptar que la idea de sustancia subyace a las relaciones entre ob-

³⁶ *Ibíd.*, 48: “Lo siento, pero realmente soy incapaz de sugerir una corte de apelación más alta que esa”.

³⁷ Si nos preguntamos acerca de las consecuencias de los aportes de Einstein a la electrodinámica, cabe señalar que Planck siguió a la expectativa ortodoxa de que a su debido tiempo el electromagnetismo sería abarcado en una teoría generalizada de la mecánica a la que dio el nombre de “dinámica general”, mientras que Mach se percató de que algo nuevo estaba sucediendo en cuanto a la relación entre mecánica y electromagnetismo, anticipando que la mecánica quedaría subordinada al electromagnetismo, tal como luego sucedió.

³⁸ Esto es casi lapidario luego de la aceptación general del Teorema de Bell.

servables, fue uno de los temas centrales de debate entre los seguidores de Bohr y Heisenberg. Estamos, pues, hablando en términos especialmente ontológico-epistemológicos en relación con un capítulo importantísimo de la física. Más claramente: si bien ambos, Mach y Planck, fueron muy influidos por las ideas de Immanuel Kant tal como las interpretó von Helmholtz, se alejaron del genio de Königsberg en direcciones opuestas, y fue Mach el que se separó más rápida y profundamente. Toulmin (1970, xv) sostiene que lo que los dividió fue la cuestión de cuánto menos la física debía negociar que la pretensión de conocer las cosas tal como son en sí mismas. Mientras Mach abandonó totalmente el concepto de cosa en sí, Planck lo mantuvo aunque reconoció la imposibilidad de conocerla directamente, sin negar el gradual acercamiento mediante la investigación científica a develar las propiedades del mundo tal cual es. Ha de llegar un momento en que no ha de tener más sentido distinguir entre el mundo real y la “eventual imagen científica del futuro”. Este cabalgar sin cesar en busca de tal futuro carecía de sentido para Mach, porque, como ya dijimos, la idea de cosa en sí no tenía significado alguno. Además, mientras que la preocupación central de Mach era epistemológica, Planck dio siempre prioridad explicativa a la dimensión ontológica. Es decir que mientras este último aseveraba la innegociabilidad de la división entre el mundo fenoménico y lo que llamaba el mundo real, así como la necesidad de mantener, en aras de no traicionar la pretensión de siempre de la física, la accesibilidad de esta a dicho mundo en sí, Mach, por el contrario, parte de la vital pregunta epistemológica sobre qué podemos conocer, sin hacer concesiones postulacionales de entidades cuya cognoscibilidad era el primer objeto de duda. Mientras uno de ellos, Mach, estaba dispuesto a hacer concesiones en aras de una física menos pretenciosa para salvaguardar la sensatez epistemológica y la garantía de cognoscibilidad, el otro se mantenía fiel a una idea más clásica de la física y su capacidad de conocimiento. Quizás fue la idea misma de qué puede y debe entenderse por física en tanto ciencia la última, más profunda y decisiva cuestión de desacuerdo³⁹.

Hay para nosotros una diferencia adicional a destacar. Creemos que Mach era un científico filósofo, alguien preocupado fundamentalmente por la física en tanto parte del conocimiento humano,

³⁹ Este desacuerdo último subyace, luego de la muerte de Mach, en la polémica entre Einstein y Bohr acerca del status cognitivo de la física, o más precisamente de la mecánica cuántica.

por lo que presenta continuamente, incluso en sus elucubraciones físicas, consideraciones filosóficas. No hay en sus trabajos primero una física y después su filosofía, sino un continuo interrelacionado de ciencia y filosofía. Planck, por el contrario, era un físico-físico que por cuestiones estrictamente físicas (mantener el edificio de la física clásica hasta el límite de lo posible) y ante hechos que parecían desafiar la física clásica, se volcó a la discusión filosófica con el exclusivo propósito de encontrar aquella postura que se adaptara más a sus intereses como físico. Esta diferencia se pone de relieve al leer los trabajos de física de ambos; mientras que los de Planck son ejemplo paradigmático de una presentación estándar de los resultados de la investigación de un físico, los de Mach lucen como una peculiar mezcla de consideraciones físicas y filosóficas.

Más allá de la polémica y de las diferencias entre ambos, no debemos olvidar aquello que los une: una reverencial actitud positiva ante la ciencia, en general, y la física en particular; la aceptación de ella como conocimiento objetivo legaliforme a partir de principios que permiten arribar a una imagen unificada del mundo, con pleno reconocimiento del insustituible papel del sujeto en tal conocimiento y sus características distintivas. Es en todo ello donde quizás podemos encontrar lo que ambos comparten incluso con los grandes físicos-filósofos del siglo XX, como Bohr, Heisenberg y, especialmente, Einstein.

Finalmente, la polémica nos invita a suscribir las siguientes conclusiones. 1) En última instancia, la postura de ambos científicos acerca de la física se basa en distintos sistemas de valores o en modos distintos de priorizar tales valores. 2) Ello explica la imposibilidad de encontrar algoritmos o al menos argumentos científico-filosóficos conclusivos para favorecer a una de las posturas. 3) También permite entender la relatividad temporal de un aparente vencedor por sobre otro, situación que se invierte en otro momento del tiempo. En efecto, las circunstancias, especialmente histórico-científicas, han de favorecer eventualmente una jerarquía de valores por sobre cualquier otra. 4) Existe una obvia dificultad en aplicar una definición exclusiva de conocimiento científico, conceptos y leyes a la práctica histórica de los científicos y sus cambios. 5) Las ideas filosóficas son relevantes en la historia de la física, especialmente para una comprensión más cabal de los episodios puntuales de la misma. 6) Conversamente, la relevancia de cambios conceptuales cruciales en una ciencia para la reflexión filosófica y su adaptabilidad a dichos cambios, por lo que, 7) en consecuencia, los logros

científicos y técnicos no resuelven por sí mismos las grandes cuestiones teóricas de la física.

La polémica, justamente, pone de relieve no solo que hay siempre en tales cuestiones un plus a llenar filosóficamente, sino también que ello es llevado a cabo de distinta manera por los mismos científicos.

Bibliografía

- Kuhn, T. (1983), *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912*, Chicago & London, The University of Chicago Press.
- Mach, E. (1892), *The Science of Mechanics*, Chicago, Open Court.
- (1895), *Popular Scientific Lectures*, Chicago, Open Court.
- (1897), *The Analysis of Sensations*, Chicago, Open Court.
- (1903), *Popular Scientific Lectures*, Chicago, Open Court.
- (1911), *History and Root of the Principle of the Conservation of Energy*, Chicago, Open Court.
- (1970), “The Guiding Principles of my Scientific Theory of Knowledge and Its Reception by my Contemporaries”, en S. Toulmin, ed., *Physical Reality*, New York, Evanston and London, Harper Torchbooks, pp. 28-43.
- (1976), *Knowledge and Error*, Amsterdam, Dordrecht.
- Planck, M. (1959), “Where is Science Going”, en *The New Science*, Meridian Books, pp. 1-154.
- (1959), “The Philosophy of Physics”, *ibíd.*, pp. 235-320.
- (1970), “The Unity of the Physical World Picture”, en S. Toulmin, ed., *Physical Reality*, New York, Evanston and London Harper Torchbooks, pp. 1-27.
- (1970), “On Mach’s Theory of Physical Knowledge”, *ibíd.*, pp. 44-52.
- Schlick, M. (1959), “Positivism and Realism”, en A. Ayer, ed., *Logical Positivism*, New York, The Free Press, pp. 82-107.