

Pablo Melogno (compilador), *Ciencia, matemática y experiencia. Estudios en historia del conocimiento científico*, Índice Grupo Editorial, Montevideo, 2015, 184 pp.

Bruno Borge¹

Nada que pueda decirse en unas breves líneas es capaz de capturar la importancia y complejidad de la relación entre matemática y ciencia; incluso el amplísimo catálogo de intentos por clarificar o simplemente tematizar tal vínculo deja aún un sinnúmero de cuestiones abiertas a ulteriores análisis. Ello se debe en buena medida (aunque entre muchos otros factores) a toda una variedad de problemas irresueltos dentro de los campos mismos de las filosofías de la ciencia y de la matemática. Entre ellos se destacan interrogantes acerca del valor cognitivo de las teorías científicas, la relación semántica y epistémica entre las leyes científicas y las regularidades naturales, el estatus ontológico de las entidades matemáticas y la fundamentación y alcance de nuestro conocimiento acerca de ellas. Es claro, sin embargo, que construir un relato del desarrollo de la ciencia y la matemática requiere ineludiblemente de dar cuenta de profundos lazos entre ellas -conceptuales, prácticos e históricos- que se hundan en los orígenes mismos del pensamiento.

En este marco, Pablo Melogno compila la serie de trabajos que da forma al volumen *Ciencia, matemática y experiencia*, editado por Índice Grupo Editorial y la Facultad de Información y Comunicación de la Universidad de la República. La obra se inserta como una contribución a la temática con una estrategia bien definida: no procura abordar el problema de forma general, ni siquiera exhaustiva; la variedad de temas y perspectivas que ofrecen sus páginas busca brindar, por el contrario, una imagen de las múltiples facetas que en las que el debate se ha desplegado. El carácter heterogéneo del volumen no atenta contra su unidad: en cada uno de los capítulos puede encontrarse una puerta de entrada hacia aspectos centrales del problema de la relación entre ciencia y matemática, y al modo en que se ha articulado en la discusión contemporánea.

Formalmente, el libro consta de 184 páginas en las que se despliegan diez contribuciones originales de autores latinoamericanos. Esto último constituye un rasgo no menor, al que me referiré nuevamente al promediar este comentario. La ya señalada heterogeneidad de los trabajos admite sin duda ordenamientos diversos. El criterio elegido por Melogno es cronológico, por lo que la lectura traza un camino que va desde consideraciones acerca del rol que tuvieron los recursos matemáticos en la física y astronomía de la antigua Grecia, hasta las arduas discusiones en torno a las implicaciones filosóficas del formalismo cuántico. Hay sin embargo múltiples líneas que

¹ Universidad de Buenos Aires, Argentina. brunojborge@gmail.com

permiten al lector, en clave casi cortazariana, hilvanar recorridos diversos. Silvina Manzo y Oswaldo Melo Souza Filho, por ejemplo, se ocupan en sus respectivos trabajos de analizar en perspectiva histórica problemas conceptuales de larga data en filosofía de la ciencia. Manzo procura dar cuenta -desde distintos enfoques- del surgimiento de la noción de ley natural y su valor para la ciencia a partir del siglo XVII; Melo Souza Filho, por su parte, discute la influencia de los conceptos de *Vis Viva* y trabajo mecánico sobre la formación del principio de conservación de la energía.

Otros autores, en cambio, dirigen sus análisis a dar respuesta a preguntas netamente historiográficas. Marcos Rodrigues da Silva toma entre manos el problema de determinar el alcance de la contribución de Rosalind Franklin a la construcción del modelo de doble hélice del ADN. De modo similar, Diego Pellegrin aborda la cuestión del carácter auténticamente revolucionario de *De Revolutionibus orbis*, frecuentemente puesto en cuestión por historiadores de la ciencia contemporáneos. Los artículos de Pablo Melogno y Patricia Coradim Sita se centran en el análisis de problemas internos a los planteos de dos figuras claves del pensamiento filosófico, Platón y Leibniz. Melogno da cuenta en un cuidado análisis de las diferencias en las presentaciones de la física platónica tal como aparece en *Timeo* y en el diálogo apócrifo *Epinomis*, especialmente en cuanto a la introducción de elementos cualitativos que dan al proyecto de matematización de las ciencias un carácter parcial y restringido. Coradim Sita ofrece un mapa de algunos conceptos clave de la dinámica de Leibniz que permiten comprender la fundamental y profunda relación entre física y metafísica dentro de su sistema filosófico.

Ricardo Mendes Grande y Godfrey Guillaumin, por su parte, abordan la compleja relación entre matemática y experiencia. Haciendo foco en la predicción de la existencia de antipartículas por parte de la mecánica cuántica relativista, Mendes Grande estudia la mencionada relación en el contexto de la derivación de predicciones empíricas a partir de recursos puramente matemáticos. Guillaumin, a su vez, se encarga de explorar las consecuencias cognitivas y metodológicas del surgimiento y desarrollo de los procesos de medición en la astronomía griega, en contraste con lo que denomina una fase 'pre-métrica'. Por último, Christian de Ronde, Nahuel Sznajderhaus y Alejandro Cassini hacen pie en el desarrollo de teorías concretas para exhibir sus consecuencias respecto de algunos problemas clásicos de la filosofía de la ciencia. La densidad e importancia filosófica de los resultados a los que apuntan motivan mi decisión de dedicar lo que resta de esta reseña a comentar sus trabajos con cierto detalle.

Hay un importante número de particularidades que colocan a la teoría cuántica en un lugar especial respecto del análisis filosófico de la ciencia. Como nunca antes los protagonistas mismos del surgimiento y desarrollo temprano de una teoría se enredaron en discusiones respecto de sus implicaciones epistémicas y ontológicas. Por otra parte, las sucesivas formulaciones e interpretaciones de su formalismo pusieron en jaque no sólo muchas intuiciones profundamente arraigadas en lo que podría llamarse la "metafísica del sentido común", sino varios de los conceptos más básicos que

habían orientado los desarrollos previos de la física toda. La teoría cuántica no es únicamente un objeto privilegiado de análisis para la filosofía de la ciencia contemporánea, es además parte constitutiva del rumbo y sentido de su desarrollo.

Los problemas interpretativos que presenta siguen abiertos y gozan de plena vigencia, es por ello que la tarea que de Ronde y Sznajderhaus emprenden en su trabajo resulta de sumo interés: brindar un mapa de los puntos conceptualmente más salientes para una interpretación filosófica de la teoría. A tal fin presentan a lo largo de varias secciones algunos acuciantes problemas de interpretación. El principio de indeterminación de Heisenberg y el principio de complementariedad de Bohr, por ejemplo, representan un profundo desafío filosófico: las limitaciones expuestas por el primero al conocimiento de la posición y momento de una partícula han decantado en una singular determinación epistémica impuesta por el segundo, a saber, una descripción completa del objeto cuántico sólo puede alcanzarse considerando descripciones contradictorias atadas a arreglos experimentales definidos.

Del mismo modo, el principio de superposición y el consecuente problema de los *entrelazamientos* de estados -ilustrado en el ya célebre experimento mental del gato de Schrödinger- presentan un claro límite a las capacidades expresivas y representativas del lenguaje y los conceptos clásicos. Aunque esas limitaciones son hoy día casi universalmente asumidas, su verdadero significado filosófico es objeto de profundas disputas que, como se ha advertido, tuvieron su origen en las discusiones protagonizadas por los padres de los respectivos desarrollos teóricos. De hecho, de Ronde y Sznajderhaus apuestan a encontrar en esas disputas la clave de “una respuesta coherente a las preguntas interpretativas a propósito de la teoría cuántica” (2015: 160). En tal sentido trazan una distinción ente posiciones como las de Bohr y Dirac, que priorizan un enfoque eminentemente epistémico de la mecánica cuántica, y otras como las de Einstein, Heisenberg y Pauli, para quienes el problema de determinar el valor de la teoría en términos de su referencia física seguía teniendo protagonismo. Para los primeros la *objetividad del conocimiento cuántico* sólo se limitaba a la posibilidad de circulación y comprensión intersubjetiva, fuera de esa condición es inútil adjudicarle un carácter representacional o referencial respecto de alguna realidad física.

Es preciso notar, sin embargo, que esta imagen no carece de problemas. Toda una tradición filosófica asocia el conocimiento objetivo con la verdad, y ésta con algún tipo de correspondencia entre el lenguaje y el mundo. Con todo, el trabajo no explora problemáticas de esa índole más allá de su enunciación en las discusiones originales que mantuvieron los físicos. Las posiciones del segundo grupo de científicos, del mismo modo, son caracterizadas dentro de su propio contexto por su pretensión de no perder un correlato referencial para la teoría, en parte como una reacción contra el espíritu anti-metafísico heredado del positivismo lógico. Por otra parte, la posibilidad de construir interpretaciones realistas no locales es sólo sugerida como una consecuencia de los desarrollos de Bell. De este modo, si bien la claridad y sistematicidad del trabajo lo convierten en un aporte de gran valor

filosófico, la pretensión de encontrar repuestas a los problemas interpretacionales de la teoría cuántica en las discusiones sostenidas por sus principales impulsores aparece como una expresión de deseo a la luz de la ausencia de sugerencias concretas respecto de cómo dichas respuestas pueden ser articuladas. El “análisis ontológico y epistemológico” que el título del ensayo anticipa permite, sin embargo, abrir diversos horizontes para desarrollos conceptuales futuros que profundicen las sugerencias que el capítulo esboza.

El trabajo de Alejandro Cassini propone una mirada novedosa acerca del ya clásico problema de los experimentos cruciales. Como es sabido, un experimento crucial es uno tal que posibilita la contrastación conjunta de teorías o hipótesis rivales dando como resultado la confirmación de una de ellas y la refutación de las restantes. Pese a que dicha noción gozó de cierta popularidad en el marco de la llamada *concepción heredada*, tanto la misma noción de experimento crucial como la posibilidad de su realización efectiva en la historia de la ciencia recibieron fuertes cuestionamientos durante la segunda mitad del siglo pasado, los que ejercen una notable influencia aún hoy día. Buena parte de ellos retomaron de manera más o menos directa las críticas que Duhem (1894, 1906) realizó contra la posibilidad de llevar a cabo tales experimentos. El rechazo de Duhem es una consecuencia de sus compromisos holistas respecto del conocimiento. Dado que es la totalidad del cuerpo de creencias la que se somete al juicio de la experiencia en cada contrastación, la idea de que hipótesis o teorías aisladas puedan ser refutadas o confirmadas mediante un experimento debe ser desestimada. La recepción de este argumento en propuestas posteriores ha sido diversa. Las tesis de Quine, por ejemplo, han sido identificadas sin más con las de Duhem. Lakatos, en cambio, rechazó la idea de que un experimento crucial sea definitivo y concluyente en su resultado al momento de su realización, pero no desestimó por completo su existencia bajo ciertas restricciones. El carácter ‘crucial’ de un resultado experimental es determinado *a posteriori*, y consiste sólo en un “título honorífico que puede ser retirado” ante nuevos aportes del programa derrotado (Lakatos, 1978: 86).

No hace falta dejar en claro que este relato es dramáticamente fragmentario. Sin embargo, mi propósito es sólo ilustrar algunos rasgos que configuran una situación de descrédito más o menos generalizado de la noción de experimento crucial. En ese contexto la propuesta de Cassini apunta a una suerte de reivindicación moderada de tal noción, cuyo hilo conductor se centra en el desarrollo de la óptica entre los siglos XVII y XIX. El capítulo recorre distintos episodios de dicha historia: desde los cuestionamientos de Galileo hacia la hipótesis de la “propagación instantánea” (i.e., velocidad infinita) de la luz, hasta los experimentos de Foucault y Fizeau que determinaron el triunfo de las hipótesis de Fresnel. Más allá de su relación con el objetivo central del trabajo, algunos puntos de esa reconstrucción pueden ser destacados.

En primer lugar, el análisis histórico permite desarticular algunos errores frecuentes en libros de física o divulgación científica, y refinar la comprensión de ciertos sucesos. Tanto Römer como Bradley son usualmente

señalados como los primeros en calcular un valor para la velocidad de la luz, sin embargo, pese a que en los trabajos de ambos se encuentran los elementos para derivar un valor aproximado ninguno de los dos realizó efectivamente dicho cálculo. De modo similar, el alcance confirmatorio de los experimentos de Fizeau respecto de la teoría ondulatoria puede ser relativizado, y de hecho lo fue por el mismo Fizeau en sus escritos. Estas y otras precisiones otorgan al ensayo un matiz adicional de interés que lo destacan como uno de los puntos más altos de toda la compilación.

El objetivo de Cassini a lo largo estos análisis es, con todo, eminentemente filosófico: mostrar que pese a que la intervención de hipótesis auxiliares (y conocimiento de fondo en general) condicionan y relativizan los resultados de los experimentos cruciales, las hipótesis en juego pueden ser “descargadas” de teoría, permitiendo así arribar a un veredicto más alejado de controversias. Esta noción de “descarga teórica” de una hipótesis juega un papel central. Los experimentos realizados por Fizeau respecto de la propagación de la luz en un medio transparente en movimiento estuvieron signados por el propósito de determinar el comportamiento del éter luminífero, para así poner a prueba de modo indirecto las afirmaciones de Fresnel. Pero si sus resultados pudieron ser interpretados posteriormente como confirmatorios para la teoría especial de la relatividad, es porque fue posible “descargar” el experimento de la teoría óptica en que originalmente se encuadró. El ejercicio de esta reducción de la carga teórica en los diferentes episodios analizados a lo largo del trabajo exhibe que una parte sustancial de sus resultados experimentales no ha sido abandonada, e incluso se conserva hasta nuestros días. De ese modo, un sentido moderado en el que dichos experimentos puedan ser considerados cruciales puede reivindicarse.

Tal vez convenga observar que, como es sabido, la permanencia de ciertos elementos a lo largo del cambio teórico ha alimentado los argumentos de los realistas científicos de diversos modos. Los antirrealistas, también con variadas estrategias, han puesto en cuestión que dicho fenómeno sea suficiente para fundamentar un compromiso realista. La conclusión de Cassini, significativa en lo que respecta al valor de los experimentos cruciales, podría enriquecerse con un análisis de sus consecuencias para el estatus epistémico de las teorías científicas. No obstante ello, debe notarse que -tal como el autor señala en una nota a pie de página- no hay aún una obra de referencia respecto del debate en torno a los experimentos cruciales, por lo que este trabajo puede considerarse como una contribución de importancia en tal sentido.

Los comentarios aquí vertidos iluminan sólo una mínima parte de la profunda riqueza conceptual que la obra puede ofrecer a quienes de uno u otro modo se encuentran próximos a la filosofía e historia de la ciencia. La circunstancia de que se haya constituido en su totalidad a partir de contribuciones de autores latinoamericanos le confiere, como ya he anticipado, una dimensión adicional de interés. Es por ello que, para terminar, no quisiera dejar de destacar el profundo valor no sólo teórico, sino político que encierran las páginas de este libro. La variedad y lucidez de los puntos de vista ofrecidos a lo largo de los capítulos debe ser saludada como

un aporte de importancia para la filosofía y la historia de las ciencias en lengua española, capaz de mostrarnos que no siempre es necesario recurrir a autores anglosajones para encontrar un panorama original y desafiante sobre cuestiones epistemológicas.

Referencias

DUHEM, P. (1894). “Quelques réflexions au sujet de la physique expérimentale”. *Revue des questions scientifiques*, 36, pp. 179-229.

_____ (1906). *La théorie physique: Son objet, sa structure*. Paris: Chevalier et Rivière. Deuxième édition, 1914. [Reimpreso en Paris, Vrin, 1981].

LAKATOS, I. (1978). *The methodology of scientific research programmes: Philosophical papers. Vol. I* (J. Worrall & G. Currie, Eds.). Cambridge: Cambridge University Press.