

INTRODUCCIÓN

El nacimiento y desarrollo de la ciencia experimental desde sus orígenes a partir del siglo XVII ha estado acompañada de polémicas filosóficas. La ciencia es particularmente importante para la filosofía porque representa el mejor esfuerzo para generar conocimiento. Por su parte, la física ha sido, entre las ciencias, la que ha tenido una posición más favorable dentro de las discusiones filosóficas ya que es considerada la ciencia “básica”, la ciencia modelo. Ocupada de los elementos fundamentales que integran nuestro universo, su capacidad predictiva y explicativa la hacen la ciencia más confiable metodológica y prácticamente. El desarrollo en dos áreas de la física moderna han sido particularmente influyentes en la filosofía: la mecánica cuántica y la física del espacio- tiempo o la teoría de la relatividad. En sentido histórico, la relación entre la física y la filosofía se ha dado en dos formas principales. Por un lado los métodos y su interacción con la “sustancialidad” (digamos la naturaleza de la materia, el tiempo o el espacio); y por el otro las doctrinas filosóficas que surgen dentro de la tradición.¹ Esta tesis se ocupa de problemas del segundo tipo.

En el siglo veinte dos revoluciones **dicotómicas** ocurrieron simultáneamente: la teoría de la relatividad, que se ocupa de lo más grande y veloz; y la teoría cuántica que es la teoría científica de la estructura básica del mundo físico. La primera fue obra de un solo ingenio, Albert Einstein, mientras la segunda incluyó a una gran cantidad de eminentes físicos, casi todos premios Nobel. La polémica sobre la correcta interpretación de la mecánica cuántica involucró entre 1920 y 1935 prácticamente a la totalidad de la

¹ Boyd, et al. (Ed.). *The Philosophy of Science*. P. 463

comunidad de físicos. Ésta se dividía en dos polos difícilmente reconciliables y que se “institucionalizaron” en el congreso de Solvay de 1927 en el debate entre Einstein y Bohr.

Encarnada por estos dos científicos, la controversia duró un cuarto de siglo y ha sido considerada por algunos, “la controversia científica más famosa e interesante, a la vez que peliaguda y fructífera de nuestro siglo.”² Su centro de gravedad eran los fundamentos y la interpretación de la mecánica cuántica. Bohr adoptó una interpretación positivista y se entusiasmó con el subjetivismo; Einstein por su parte tuvo una visión realista que suponía una objetividad subyacente que superara esta interpretación. Comúnmente se acepta que Einstein perdió el combate. La popularidad de la interpretación de Copenhague lo comprueba y nosotros demostramos (capítulo III) que en efecto, la visión de Einstein, o lo que aquí llamamos “dogma clasicista de EPR,” definitivamente está fuera de la batalla, aunque no con ello el realismo. Sin embargo, el núcleo de la discusión entre Einstein y Bohr era el problema de si la mecánica cuántica estaba o no completa. En este sentido, comprobamos que, como creía Einstein, la teoría cuántica, y con ella la mecánica cuántica, está lejos de su completas. En torno a estos dos puntos –el realismo y la completitud en la teoría cuántica- dirigimos nuestra discusión.

Karl Popper declaró en 1982 que la física estaba en crisis. Se refería a una crisis del entendimiento tan vieja como la interpretación de Copenhague (1926), o sea, la filosofía de Bohr. Para Popper esta crisis se debe a dos cosas: a) la intrusión del subjetivismo en la física y b) la victoria que se le atribuye a la idea de que la teoría cuántica ha alcanzado completa y finalmente la verdad.³ A continuación presentamos una

² Bunge. *Racionalidad y realismo*. P 149

³ Popper. *Quantum Theory and the Schism in Physics*. P. 1

serie de argumentos que combaten a) y b). Dentro de la problemática epistemológica que se dio en torno a la teoría cuántica, se encuentran cuatro puntos principales: el determinismo, la naturaleza de las propiedades de los entes microfísicos y el realismo. Por lo que es un debate de interés para todos aquellos que se interesan en cuestiones filosóficas. Según Mario Bunge, la “falacia” de la interpretación antirrealista (idealista o subjetivista) de la teoría cuántica “no merecería más que una nota a pie de página si no formase parte de la interpretación canónica de la más refinada y poderosa de todas las teorías científicas, a saber, la teoría cuántica.”⁴ Por eso nos ocupamos del tema, porque aunque ya se ha dicho en verdad mucho (la bibliografía es extensa), las ideas subjetivistas en torno a la mecánica cuántica siguen en pie y son la base de la interpretación “estándar” de la teoría. Como afirmó H. Skolimowski en una reunión de la *Philosophy of Science Association* (1974): “aun cuando muchos han certificado su muerte, el positivismo, curiosamente, está aún vivo, no tanto se le considera en sí mismo –como una doctrina filosófica coherente- pero sí en cuanto imbuído y disuelto en la estructura de la ciencia, y, lo que es más importante, en la visión científica del mundo.”⁵

La presente tesis no intenta de ninguna manera hacer una investigación de los fundamentos físicos de la teoría cuántica, por lo que podemos evitar en gran medida los aspectos matemáticos y sus fórmulas ya que son las consecuencias epistemológicas de su interpretación lo que nos ocupa. Hemos intentado reducir lo matemático al máximo y consideramos que siempre podrá el lector seguir la argumentación obviando fórmulas.

Metodología:

⁴ Bunge. *Racionalidad y realismo*. P. 43

⁵ Citado en: Artigas. *El desafío de la racionalidad*. P. 184

La filosofía occidental contemporánea se puede dividir en dos. Por un lado la tradición “continental”, desarrollada en la mayor parte de Europa, y basada en el existencialismo y la fenomenología; filosofías que se han centrado en el aspecto subjetivo de la existencia humana. Y por el otro, la llamada *filosofía analítica*, dominante en los países de habla inglesa, Escandinavia y algunas partes de Alemania. Uno de los focos principales de esta última tradición ha sido el análisis *lógico* del lenguaje y las proposiciones, incluyendo las proposiciones de la ciencia, que son al fin de cuentas lenguaje. Nosotros trabajamos con esta tradición ya que nuestra argumentación está muy lejos del discurso y de los objetivos de la primera.

Dentro de la filosofía analítica es común que la teoría del conocimiento se dirija a los fundamentos de la ciencia discutiendo los pares de opuestos *a priori* y *a posteriori*, deductivo e inductivo, lo axiomático y lo empírico. Hemos decidido presentar nuestra argumentación en forma **hipotético- deductiva**, es decir, **dialéctica**. De los *Diálogos* de Galileo (1633) a los trabajos de Einstein y Schrödinger, pocos introducen su problemática con este método.⁶ Nosotros consideramos, sin embargo, que es conveniente para una tesis de licenciatura, sobre todo porque permite al estudiante empaparse de datos que no siempre se contextualizan. Para **averiguar si la teoría cuántica contradice a la gnoseología realista**, es necesario centrarse en la teoría misma, incluimos argumentos históricos y heurísticos, pero sobre todo intentamos desentrañar los referentes de la teoría enriqueciendo con un análisis de sus conceptos básicos.

Aplicamos un **método dialéctico** en el sentido de que nos concentramos en los diálogos dentro de la historia de la ciencia. Esto se debe a que consideramos que la ciencia es un **proceso abierto**, una **conversación continua** y que la creatividad científica

⁶ Sachs. *Einstein versus Bohr*. P. xvii

le debe mucho a la influencia, la comunicación interpersonal y la inspiración en trabajos de otros. Además, consideramos que este tipo de acercamiento es esencial en el panorama de la física contemporánea ya que nos permite presentar una competencia de soluciones y compararlas. Reconocemos que en gran medida la elección del método responde a un sentimiento de admiración a los creadores de la teoría cuántica.

Ahora, esta no es una tesis de filosofía de la ciencia, aunque está entre sus objetivos llegar a una. Nuestra investigación no es una filosofía de la ciencia porque en realidad situamos nuestra discusión en el campo epistemológico, aspecto necesariamente superado por la filosofía de la ciencia como ésta está superada por la práctica científica. Aquí, el concepto “supera” no se refiere a un plano valorativo o cuantitativo, sino a que la física (en tanto ciencia) ya no se pregunta por la estructura de las teorías científicas como el filósofo de la ciencia ya no se puede cuestionar aspectos gnoseológicos como la posibilidad del conocimiento científico.

Aceptemos en un sentido general que la filosofía de la ciencia es el intento por comprender el significado, el método y la estructura lógica de la ciencia a través del análisis lógico y metodológico de los objetivos, los métodos, criterios, conceptos, leyes y teorías de la ciencia. El análisis lógico y metodológico responde preguntas como ¿Qué es una ley de la naturaleza? ¿Cómo se relaciona con otras leyes? ¿Cuál es la naturaleza de una teoría científica? ¿Cómo se relacionan las leyes con las teorías? ¿Qué son la descripción y la explicación científica? ¿Cómo se relacionan la explicación y la predicción? Pero también se refiere a los conceptos usados en las ciencias. Por ejemplo, la ciencia habla de cosas ordinarias como masas y cuerpos a las que llama “observables”, pero también habla de “no- observables” (como si fueran observables) tales como

electrones, iones, genes, fuerzas, funciones psi y otros. ¿Cómo se relacionan estas entidades (si es que son entidades) con el mundo que vivimos? ¿Qué quiere decir la palabra “positrón” en términos de lo que podemos ver, oír o tocar? ¿Cuál es la justificación lógica de la introducción de estos conceptos en la teoría científica?⁷

Sin embargo cabe preguntarnos ¿para qué analizar estos conceptos? Los científicos saben usarlos. A pesar de ello, el filósofo habrá de trabajarlos. El filósofo de la ciencia pregunta entre otras cosas qué tanto es posible que un término como “electrón” puede ser definido de tal forma que todos los términos usados en la definición se refieran a objetos físicos y sus propiedades. Intenta reducir “constructos” teóricos a un nivel más bajo en el reino de los observables. Esto porque de no ser así, dejaría abiertas las puertas a entidades arbitrarias como “fuerzas vitales”, “saltos cuánticos” y otras cosas absurdas. Como podemos ver, con estas investigaciones conceptuales la posición adoptada por el filósofo de la ciencia es por lo regular la del sentido común, en el sentido de que ya no se pregunta si es posible el conocimiento. Así que otras cuestiones que pueden interesar a otras partes de la filosofía (como la epistemología) no se las pregunta. En una palabra, la actitud que le conviene al filósofo de la ciencia es el sentido común, aunque siempre con una actitud crítica.

Por su parte, la tarea del científico es observar lo que ocurre en el mundo y notar regularidades, experimentar, descubrir –o mas bien postular- leyes de la naturaleza que permitan explicar regularidades, combinar leyes de la naturaleza y subsumirlas en la teoría. Todas, cosas que el filósofo de la ciencia no hace. Los científicos deducen: construyen una cierta teoría de varias leyes y observaciones y de ahí deducen otras teorías o leyes. Los filósofos de la ciencia tampoco hacen esto, más bien certifican la naturaleza

⁷ Klemke, et al. *Philosophy of Science*. P. 20

de la deducción (y cómo difiere de otras formas de inferencia o razonamiento) y describen el papel de la deducción en la ciencia. Así pues, mientras la ciencia es empírica, sintética y experimental, la filosofía de la ciencia es verbal, analítica y reflexiva. El filósofo de la ciencia no añade nada al conocimiento factual del mundo. La ciencia usa lenguaje objetual ya que habla de objetos del mundo, la filosofía de la ciencia usa un metalenguaje para hablar del lenguaje de la ciencia. La ciencia se refiere al mundo, la filosofía de la ciencia es pensamiento en segundo grado, pensamiento sobre pensamiento, sobre lenguaje.

Entonces, la filosofía de la ciencia es la empresa cuyo objeto es comprender el método, los fundamentos y la estructura lógica de la ciencia y examinar las relaciones e interfaces de ésta con otras actividades humanas. Esto a través de un análisis lógico y metodológico tanto de los objetivos, los métodos y el criterio de la ciencia y de los objetivos, métodos y aspectos de varios fenómenos culturales en su relación con ella. Nosotros estamos un paso más atrás de esto. Aún hacemos preguntas epistemológicas aunque con el objetivo de llegar a una filosofía de la ciencia. La teoría del conocimiento pregunta por la verdad del pensamiento, por su concordancia con el objeto. Aún se pregunta si podemos conocer el mundo natural y cómo. Es una explicación o interpretación filosófica del conocimiento humano que tanto el físico como el filósofo de la ciencia obvian ya que sus disciplinas las presuponen.

Ahora, hemos de aclarar que parte del objeto de los dos primeros capítulos, se debe a que consideramos que el filósofo de la ciencia debe ser anfibio, esto es, debe sentirse en casa tanto en la ciencia como en la filosofía. El filósofo de la ciencia no es un filósofo de conocimiento ordinario, ni un epistemólogo, ni alguien comprometido a una

doctrina filosófica, ni un comentador, sino alguien que filosofa sobre aspectos específicos de ciencia real; que los analiza con las mejores herramientas y trata de concebir visiones generales sobre ellas, haciendo lo posible por comprobar su adecuación. Por eso, ya que nuestra empresa se dirige hacia una filosofía de la ciencia adecuada y que supere la epistemología, hemos decidido poner especial atención a la terminología de la problemática.

La terminología es central en nuestra discusión. En gran medida los problemas en torno al debate en la teoría cuántica se deben a la interpretación de **los términos**. Por eso consideramos menester ciertas aclaraciones al respecto. El propio concepto “problema” lo dice todo: cuando hablamos de un ”problema”, designamos una dificultad que no puede resolverse automáticamente, sino que requiere una investigación, conceptual o empírica. En este sentido, un problema es el primer eslabón de una cadena.

Así pues, nos acercamos a la problemática cautelosamente y evitamos en lo posible conceptos que puedan oscurecer o provocar malas interpretaciones. Nos referimos por ejemplo a conceptos como “fenómeno”, “observador”, “partícula”, “onda”; todos términos que obstruyen la discusión por envolver cargas doctrinarias y conceptuales (en el sentido gráfico) y que son usados dentro de los parámetros de la posición ortodoxa o positivista. Estos términos son conflictivos ya que introducen elementos de la teoría clásica en la cuántica lo cual, como quedará demostrado más adelante, es parte fundamental del conflicto epistemológico dentro de las interpretaciones de la teoría cuántica. Es muy difícil deshacerse de estos términos, por lo que los usamos, aunque preferimos darles un sentido menos cargado, más neutral, y los evitamos en la discusión filosófica.

El peligro de utilizar vocabularios inadecuados ya había sido advertido por Schrödinger en su ensayo *¿Qué es una partícula elemental?*, el cual explica que los conceptos obligan al pensamiento “a pedir informes que, sin duda, carecen de significado.” En el caso de la imagen corpuscular por ejemplo, “su estructura imaginativa muestra rasgos ajenos a la verdadera partícula. Una imagen adecuada no debe importunarnos con ese inquietante afán; debe ser incapaz de representar más de lo que hay; debe excluir toda adición ulterior.”⁸ El caso de la onda y la partícula es peculiar. Tomemos en cuenta, por ejemplo, que Schrödinger prefería la imagen ondulatoria, pero que en realidad la teoría cuántica es en gran medida una teoría de partículas. Consideramos, con otros autores, las nociones “ente cuántico” o “cuantión”, vocablos menos cargados y por lo tanto más adecuados dentro de la discusión filosófica. Y es que el propio lenguaje que usó la teoría cuántica es conflictivo, si no la raíz misma del problema, ya que era una extensión analógica natural del lenguaje clásico.

Esta tesis es un **estudio epistemológico considerado una primera aproximación a la teoría cuántica**. Por supuesto que no agotamos el tema. Aquí sólo cubrimos, generalmente, la problemática dentro de un campo de la filosofía. Nuestra reflexión se centra en las raíces epistemológicas del problema. El **objetivo** de esta tesis es demostrar que **la teoría cuántica bien entendida es tan realista como cualquier otra teoría científica y que un realismo científico sería en todo caso la interpretación conveniente**.

Hay tres puntos y modificaciones del realismo que nos ocupan. Los dos primeros capítulos tienen carácter histórico y sitúan a los personajes dentro de la discusión, son un

⁸ Schrödinger. *¿Qué es una ley de la Naturaleza?* P. 174

marco teórico. En el capítulo tres comienza el análisis filosófico. En este capítulo argumentamos a favor de un **realismo filosófico**. En el IV de un **realismo epistemológico** y en la Conclusión de un **realismo científico**. Ésta última hace una síntesis de los dos capítulos anteriores y avanza un paso demostrando que un realismo científico no sólo es compatible con la teoría cuántica sino que además y sobre todo, es una actitud necesaria cuando de estudiar el mundo físico, ora macroscópico ora microscópico, se trata. En la tesis en general, el punto central es la postura realista, es decir, que el mundo físico es real, que existe independientemente de nosotros. Intentamos eliminar a la “conciencia”, al “observador” de la mecánica cuántica y demostrar que es tan objetiva como la mecánica estadística clásica.

Los problemas que discutieron Einstein y Bohr (1927) siguen siendo relevantes en la actualidad, sobre todo en el sentido de que siguen siendo tema de investigación; para comprobarlo basta ver la gran cantidad de tesis, artículos, y en general publicaciones que siguen saliendo hoy a 80 años de distancia. También aumentan los que encuentran en el antirrealismo filosófico un signo de ingenio y profundidad, en vez de desequilibrio mental, o de ignorancia o de deseo de llamar la atención. Nosotros lo tomamos en serio y lo consideramos una amenaza para la ciencia por lo que intentamos refutarlo.

Como nos recuerda Karl Popper en el Prefacio a la edición inglesa (1958) de su *La lógica de la investigación científica*, “casi todos los problemas de la epistemología tradicional están relacionados con el aumento de los conocimientos.” “Me siento inclinado –continúa- a decir incluso más: desde Platón a Descartes, Leibniz, Kant, [...] y Poincaré, y desde Bacon, Hobbes y Locke a Hume, [...] y Russell, la teoría del conocimiento se ha inspirado en la confianza de que nos permitiría, no solamente conocer

más y más acerca del conocimiento, sino contribuir al avance del mismo –esto es, del conocimiento científico.”⁹

Igual que los físicos cuánticos, hacemos uso de la tradición y la dejamos hablar por sí misma. Sobre todo intentamos sacar de ella una filosofía que nos permita una interpretación conveniente. En última instancia, concordamos con Schrödinger cuando decía que “los descubrimientos de la física por sí mismos no pueden [...] tener autoridad para obligarnos a dejar de representarnos al mundo físico como una realidad.”¹⁰

⁹ Popper. *La lógica de la investigación científica*. P. 19

¹⁰ Schrödinger. *¿Qué es una ley de la Naturaleza?* P. 174