

LA MATERIA EN WERNER HEISENBERG: UN DIÁLOGO DE DOBLE SIGNIFICACIÓN

Javier Kasahara
Universidad de Chile

El concepto de materia ha sufrido un gran número de cambios en la historia del pensamiento. Diferentes interpretaciones han sido dadas en diferentes sistemas filosóficos. Todos estos diversos significados de la palabra están aún presentes en mayor o menor grado en lo que concebimos en nuestro tiempo con la palabra 'materia'.

Werner Heisenberg

1. Introducción

R En el intento constante de la física teórica por dar cuenta de los fenómenos naturales mediante una adecuada formulación matemática, encontramos a su vez, el viejo anhelo metafísico por descubrir una unidad tras la multiplicidad fenoménica. Empero, dicho anhelo ha sido, con el progresivo éxito de la matemática y del método experimental, es decir, desde los trabajos de Galileo en adelante, relegado cada vez con mayor énfasis a un segundo plano, manifestándose con ello un desinterés por un auténtico diálogo interdisciplinario. Esta escisión entre filosofía y física pareciera sustentar una concepción mayoritariamente instrumentalista de esta última. De acuerdo con esta opinión, producto de dicha especialización, la labor de la filosofía en este ámbito ha consistido meramente en abordar problemas de tipo metodológico, es decir, respecto a cómo opera una determinada teoría.

Por el contrario, en la historia de la física encontramos momentos que desdican el juicio antes dicho, mostrando con ello que la filosofía no resulta ser puramente una herramienta instrumental para la física, sino que es capaz de entregar fundamentos conceptuales tanto para la elaboración de teorías como para la solución de problemas. En otras palabras, la filosofía es capaz de permitir el surgimiento de nuevas perspectivas a la hora de abordar problemas de otras disciplinas.

En el presente artículo pretendemos mostrar, desde la labor misma realizada por el físico contemporáneo Werner Heisenberg, lo fructífero de un diálogo interdisciplinario. Para ello nos centraremos en la reflexión llevada a cabo por nuestro físico a propósito de la noción de "materia". A juicio nuestro, dicha noción se encuentra en el límite entre física y filosofía. Por consiguiente, un acercamiento entre

estas dos disciplinas resulta ser de antemano fructífero. Desde un punto de vista filosófico, pretendemos examinar la noción de materia en la obra de Heisenberg con el fin de mostrar que a lo largo de la historia de la física dicha noción ha sido entendida de manera vaga, permaneciendo en la tierra de nadie entre estas dos disciplinas. Las tentativas de respuestas, siempre replanteadas a la luz de nuevos datos experimentales, ponen en evidencia lo complejo e interesante del asunto. De aquí que la noción de materia sea una problemática propia de una reflexión filosófica.

Ahora bien, puesto que esta problemática resulta ser muy amplia, nos permitimos, sobre la base de un criterio metodológico, delimitar nuestro análisis. En primer lugar, nos hemos centrado en la relación que mantuvo Heisenberg con la filosofía griega, en particular con el pensamiento de Platón y Aristóteles. Gracias a una especial coincidencia, Heisenberg estuvo imbuido por la tradición helena debido a la profesión de su padre y abuelo, ambos profesores de lenguas clásicas. Es por ello que el diálogo entablado con estos dos importantes filósofos resulta estar acunado mediante un especial toque personal. Por otro lado, el acercamiento por parte de Heisenberg a la filosofía de Platón y Aristóteles se aborda en el ensayo mismo tanto desde una perspectiva biográfica como filosófica. Ambas perspectivas deben ser consideradas como el anverso y reverso de un solo término, a saber, **diálogo**.

2. Aproximación biográfica

Intentar sacar a luz las influencias filosóficas en Werner Heisenberg implica la tarea no siempre fácil de tener que abordar aspectos propios de su vida. Estos aspectos biográficos no son meros datos históricos, sino que nos remiten siempre a lo que fue la pasión de su vida: la física teórica. Como afirma David Cassidy en el prefacio de su biografía sobre Heisenberg: "Al aproximarse a la vida de este hombre, diversas preguntas se presentan de inmediato. ¿Cómo pudo este niño nacido en 1901, escalar tan rápido a la cima de su profesión, obtener una cátedra en física teórica a la edad de 25 años y recibir el premio Nobel a la edad de 32? ¿Qué impacto tuvieron los períodos más turbulentos de su vida, los sucesos que rodearon el final de la Primera Guerra Mundial —la pérdida de la guerra, la revolución soviética y el Movimiento Juvenil Germano— sobre sus maduras visiones políticas y científicas? ¿Qué impacto tuvieron sus vidas privada y profesional sobre sus logros científicos?" (Cassidy 1992, Introduction, p. ix, x). Pretender contestar todas estas interrogantes nos alejaría ciertamente de nuestro objetivo; empero, valgan como referencia de la persona que se encuentra tras la temática que estamos abordando¹.

Ahora bien, esta pasión por la física teórica estuvo siempre encauzada y matizada por su formación humanista. Resulta interesante destacar el hecho de que tanto

¹ Para un acercamiento más detallado del ambiente político, social y cultural de dicha época en Alemania, cf. Cassidy (1992), en especial los capítulos segundo y tercero, titulados *The great War* y *Gymnasiast* respectivamente.

su padre, Kaspar Ernst August Heisenberg, como su abuelo materno, Nikolaus Wecklein, fuesen reconocidos profesores de lenguas clásicas. Este último llegó a ser rector del Maximilians-Gymnasium en München. Todo ello se suma al hecho social y político de que el gobierno alemán favoreció la formación humanista en ese entonces. Esto muestra el ambiente desde y en el cual fue formado académicamente el joven Werner. Así, Heisenberg supo ver desde el comienzo, con gran intuición, el punto en común en donde convergían ambas vertientes disciplinarias, a saber, física y filosofía. Su afinidad por las matemáticas, en un comienzo reflejada en una atracción por la geometría, se muestra en el gusto por las simetrías. No es de extrañar entonces que esta afinidad por la armonía en los números lo llevó a encontrar algunos años más tarde tanto interés en la filosofía de Platón. Ya en la escuela, el joven Heisenberg se sintió fuertemente atraído por el trasfondo filosófico de las teorías matemáticas en general, según se lo hizo sentir su maestro de matemáticas: "...Werner recordó sentir una repentina chispa de interés en geometría solo cuando el Sr. Wolff explicó que las proposiciones universalmente válidas pueden ser obtenidas de la geometría y que estas proposiciones corresponden al mundo transitoriamente 'real' de los fenómenos físicos. La correspondencia entre las matemáticas y el mundo físico 'encendió en mí como algo extremadamente curioso y excitante' escribó" (Cassidy 1992, p. 40). Este interés por la geometría fue orientándose ya tempranamente en Heisenberg cada vez más hacia la física, debido al estudio de la teoría de la relatividad de Einstein (tanto la especial como la general), así como la lectura del texto de Hermann Weyl *Raum-Zeit-Materie*².

De este modo, Heisenberg pudo percatarse paulatinamente de que su interés no radicaba únicamente en problemas de matemática pura, sino en última instancia en problemas originados en la experiencia y en la observación. Su pasión por la física se fue acrecentando a medida que dedicaba gran parte de sus horas libres, ya en sus años de colegio, al estudio del cálculo diferencial e integral, ambos esenciales para el estudio de la física. "Sumado a aquellos estudios independientes, él hizo ver más tarde, encuentros en aquel tiempo con problemas de la filosofía clásica concernientes a la relación entre matemática, datos experimentales y la ciencia atómica dentro del contexto de la antigua filosofía griega" (Cassidy, 1992, p. 40).

Sin duda que el punto principal en este acercamiento a los problemas filosóficos está centrado en la lectura por parte de Heisenberg del diálogo platónico *Timeo*, en la primavera del año 1919. Allí, él logra descubrir una de las interrogantes filosóficas que siempre le atrajo, a saber, la pregunta por la trascendencia del mundo físico o, en palabras de él mismo, el acceso a un *orden central*. Es así como nuestro joven autor, a la edad de 18 años y privado de responsabilidades escolares debido a las inestabilidades políticas causadas por el gobierno soviético bávaro, dedicaba algunas

² Resulta interesante mencionar el hecho de que Heisenberg no se inclinó definitivamente por la física debido al estudio de la obra de Einstein, como fue en el caso de Wolfgang Pauli y muchos otros físicos de aquella época.

horas a la lectura de los estudios escolares. “A fin de volver a disponerme paulatinamente para la vida escolar, solía retirarme al tejado del seminario con nuestra edición escolar griega de los diálogos de Platón. Allí, apoyado en el alero del techo y calentado por los primeros rayos del sol, podía estudiar tranquilamente y de cuando en cuando observar el despertar de la vida en la Ludwigstrasse. En una mañana de éstas, cuando el sol empezó a levantarse y la luz iluminaba el edificio de la Universidad y la fuente que lo precede, di con el diálogo *Timeo*, y precisamente con aquel pasaje donde se habla de las partes mínimas de la materia” (Heisenberg 1972, p. 13). Este encuentro anecdótico con el *Timeo* de Platón, nos sitúa de lleno, desde una perspectiva biográfica, en la temática que nos ocupa. Sin entrar aún en un análisis filosófico, lo cierto es que Heisenberg descubre en la filosofía de Platón un elemento que desde muy temprano lo cautivó y que ya señalábamos más arriba, a saber, el conocimiento matemático como conocimiento universal y apodíctico del mundo físico en general. De acuerdo con esto, es posible, según nuestro físico, de la mano de las matemáticas acceder a los fundamentos del mundo natural. Este acceso epistemológico al mundo fenoménico, sustentado en este ideal de racionalidad pura, es lo que guió su labor intelectual.

Esta búsqueda por la unidad en el mundo natural por medio de las matemáticas evoca una clara inclinación por un ideal de armonía de índole platónico en el pensamiento de Heisenberg. De hecho, “la influencia de Platón lo llevó a la convicción que mantuvo todo el tiempo, incluso en sus días empiristas, de que había dos tipos de realidades: realidades inteligibles que eran los objetos de *episteme* o intuición intelectual, y objetos sensibles que eran objetos de intuición sensible” (Heelan 1965, p. 140).

Así, Heisenberg se admira de ver cómo la agudeza de Platón logra formular, muchos siglos antes del surgimiento del método experimental, la problemática que está presente entre la matemática y el mundo natural. Esta admiración permitió tener presente a Platón y en general a la filosofía griega como una fuente intelectual a la hora de abordar los problemas que fueron presentándose en la elaboración de una interpretación satisfactoria del fenómeno cuántico.

Durante la década del treinta, a saber, cuando la teoría cuántica se encontraba en pleno proceso de difusión, Heisenberg, fiel discípulo de Niels Bohr y por ende representante del *kopenhagener Geist*, comienza un lento proceso de madurez, mediatizado en gran parte por la filosofía de Kant. Si bien la influencia de este último no fue tan profunda como la de Platón, hay que dejar en claro que le permitió paulatinamente alejarse de sus primeros años empiristas, muy en la línea de Mach. Este alejamiento de Mach³ permitió a Heisenberg desde la década del cincuenta en adelante, la formulación de una ontología de la materia muy en la línea realista, aunque

³ Resulta interesante hacer notar que también Einstein estuvo en sus primeros trabajos sobre la relatividad influido por el pensamiento de Mach. Paulatinamente fue distanciándose de él, para finalmente terminar en una concepción realista de la física.

siempre matizada por su idealismo platónico. Este proceso le permitirá acercarse a la filosofía aristotélica con el fin de formular una concepción simbólica de la materia, con el fin de poder impedir que la mecánica cuántica cayera en las redes de un subjetivismo ciego. Este último período, el de madurez, se configura en una búsqueda por una teoría física que sea capaz de unir diferentes teorías físicas con el propósito de poder abordar el problema de la materia, no desde una unidad atomística, al modo de la filosofía de Demócrito, sino como una búsqueda de simetrías. Dichas simetrías resultan ser símbolos de una realidad trascendente. Desde este punto de vista, la filosofía de la física de Werner Heisenberg en sus últimos veinte años consiste en una concepción de la naturaleza que contiene agrupada ideas tan distintas como el pensamiento platónico, el aristotélico y el kantiano. Al interior de esta tríada predomina ampliamente la figura de Platón. "Heisenberg se consideró siempre como un discípulo del *Timeo* de Platón. Detrás del cambio y las apariencias ilusorias del mundo sensible, se encuentran las formas matemáticas reales e inmutables" (Heelan 1965, p. 154).

3. Aproximación filosófica

3.1 Delimitación histórico-conceptual

Partiendo de la distinción conceptual llevada a cabo por parte del físico e historiador francés Pierre Duhem (Duhem 1954)⁴, entre el plano descriptivo y el plano explicativo en ciencia, intentamos explicitar el fecundo diálogo entablado por Heisenberg con la tradición filosófica, en particular con la filosofía griega, con el fin de mostrar el puente conceptual establecido por Heisenberg a la hora de intentar comprender el fenómeno atómico desde una dimensión filosófica.

Sin duda, uno de los grandes problemas filosóficos presentes en la teoría cuántica⁵ es el de la relación entre teoría y realidad. Esta relación resulta imposible de abordar mediante los conceptos de la física clásica, donde la serie completa de los fenómenos es posible describirla *idealiter*, es decir, sin que el proceso de medición deba ser tomado como parte de lo observado. De un modo más preciso, podemos sintetizar este ideal que animaba a la física newtoniana en los siguientes dos enunciados:

⁴ Heisenberg realiza también esta distinción metodológica de modo explícito al distinguir entre una *Natureerklärung* y una *Naturbeschreibung*. Pese a ello, no alude en ningún punto a la obra del físico francés, pionero a juicio nuestro, en esta distinción. De aquí que mencionemos primeramente la figura de Duhem.

⁵ La expresión *teoría cuántica* la empleamos como término general que hace referencia tanto a la mecánica cuántica o matricial, formulada por Heisenberg en 1925, como a la mecánica ondulatoria, teoría elaborada por Erwin Schrödinger en 1926. Para esta distinción hemos seguido a Heelan (1965).

1. Debe ser posible llegar a un descripción del mundo material que de ninguna manera se preocupe ni del sabio que experimenta y que razona, ni de los medios de investigación de que se sirve para observar los fenómenos.
2. La posibilidad de localizar de manera exacta y unívoca en el espacio y en el tiempo todas las transformaciones que se operan en el mundo físico.

Por consiguiente, esta elaboración consistía en un modo de proceder que “hacía abstracción completa de los medios empleados para llegar a conocer las distintas partes de este vasto mecanismo, pues si reconocía la existencia de errores experimentales, no veía en ello más que un resultado de la imprecisión de nuestros sentidos y de la imperfección de nuestras técnicas, y admitía la posibilidad de reducirlos indefinidamente, al menos en principio, por un adecuado perfeccionamiento de nuestros métodos” (de Broglie 1951, p. 132). Por el contrario, en física cuántica los procesos de medición sí entran en consideración, formando una suerte de unidad epistémica entre sujeto y objeto, según lo ha postulado la escuela de Copenhague⁶. Esta problemática de tipo epistemológico ha sido ampliamente debatida por la filosofía de la ciencia, sin que hasta el momento se haya logrado formular una interpretación única y satisfactoria.

Por otra parte, la elaboración de la teoría cuántica puso en vigencia no solo una pregunta de tipo epistémico, sino también ontológica. Ello se desprende cuando preguntamos por el posible valor objetivo contenido en los enunciados matemáticos de la teoría, es decir, se trata de la pregunta por la estructura última del mundo natural. Esta interrogante no suele ser abordada por la filosofía de la física, quedando relegada a un segundo plano por discusiones de tipo interpretativo y formal acerca del funcionamiento de la teoría cuántica. No resulta extraño entonces que esta teoría sea considerada una de las matemáticamente más poderosas, pero una de las filosóficamente más débiles. Por el contrario, Heisenberg, desde su propio ámbito científico, logró percatarse de aquella problemática. Así, pese a que él no formuló de manera explícita y sistemática una filosofía de la física, es posible encontrar en varias de sus obras los elementos propicios para barruntarla.

Con todo, pretendemos examinar la noción de materia con el fin de mostrar que a lo largo de la historia de la física dicha noción ha sido entendida de manera vaga, permaneciendo en la tierra de nadie entre física y filosofía. Las tentativas de respuestas, siempre replanteadas a la luz de nuevos datos experimentales, ponen en evidencia lo complejo e interesante del asunto. De aquí que la noción de materia sea una problemática propia de una reflexión filosófica.

⁶ Con ello no estamos sosteniendo que suscribamos necesariamente la versión ortodoxa del fenómeno cuántico propuesta por la escuela de Copenhague. Pese a ello, la exposición de nuestro trabajo se articulará sobre dicha versión, por cuanto es el marco teórico en el cual se encuentra inserto Heisenberg, uno de sus más cercanos gestores. Para una crítica novedosa y actualizada de la interpretación de Copenhague, cf. Beller (1999).

Con todo, un acercamiento a la filosofía de la física en Heisenberg debe tener presente que dicha filosofía permanece más bien implícita, pudiendo solo ser abordada mediante un trabajo interpretativo. Las diversas reflexiones llevadas a cabo por él, tanto en monografías como en artículos de divulgación científica, quedan más bien agrupadas bajo el intento común de difundir las ideas de la escuela de Copenhague⁷.

Teniendo presente lo hasta aquí expuesto, podemos afirmar que la noción de materia es un supuesto fundamental en toda investigación acerca del mundo natural. Ello se debe a que la materia está en relación directa con la búsqueda por la unidad del mundo fenoménico. Esta búsqueda es tan antigua como la filosofía misma. Como afirma Herbert Hörz: “La pregunta por el origen del mundo es una de las preguntas más antiguas e importantes de la filosofía” (Hörz 1968, p. 220). Mas, esta pregunta fue con el paso del tiempo sistematizándose, **dando con ello paso al ordenamiento del mundo natural por medio del pensar racional**, lo cual marcó el alejamiento gradual de los mitos y el inicio de la ciencia de la naturaleza. Dicho inicio es posible encontrarlo ya en los intentos especulativos por parte de la filosofía presocrática. Así, lo mudable fue contrapuesto a lo permanente. En esta búsqueda por una unidad de tipo “trans-física”, está el anhelo por encontrar la respuesta al cambio constante que observamos a cada momento en el mundo natural. Por ende, en la contraposición permanente-mudable encontramos el fundamento mismo de una reflexión acerca de la naturaleza. Este ordenamiento, al interior del mundo griego, fue efectuado de manera totalmente especulativa. “Esto explica por qué la física y la metafísica se ordenan la una a la otra. Pero hay que pensar también que la física griega, lo mismo que la metafísica, es una ciencia puramente contemplativa. Observa su mundo desde lejos, sin ser afectada por él, de una manera pasiva y carente de interés práctico. Ve en la posibilidad de una tal distancia teórica una categoría especial. De esta postura teórica depende también, el que en la física antigua el experimento nunca alcanzara una importancia especial” (Wieland 1969, p. 150) Al interior de esta concepción de mundo, distante y teórica, el intento por alcanzar una unidad “trans-física” de tipo esencialista, que diera cuenta de la multiplicidad fenoménica, marca el rumbo de las especulaciones sobre la materia entre los griegos y por extensión de la tradición entera.

Ahora bien, esta unidad fue asociada inicialmente con un tipo de sustancia originaria del cual emanaran todas las cosas y en la cual finalmente se disolvieran. Con el advenimiento gradual del pensar especulativo, dicha unidad fue interpretada de distintos modos, llegando a ser asociada incluso a una noción espacial de tipo geométrico. En medio de este cambio y variedad conceptual podemos distinguir dos grandes posturas respecto a la materia:

⁷ Precizando aún más esta supuesta unidad conceptual que se encontraría tras la llamada “escuela de Copenhague”, Beller intenta mostrar que la coalición entre físicos tales como Bohr, Heisenberg, Born y Pauli, entre otros, fue mucho más aparente de como se acostumbra a exponer, permaneciendo ante todo una compleja red de tipo “dialógica”, fuente originaria en la formulación de teorías.

- a) materialista
- b) idealista

La postura materialista encuentra su pilar fundamental en las especulaciones llevadas a cabo por Leucipo y Demócrito. Según esta concepción, lo fundamental y primigenio en la naturaleza son los átomos y el vacío. La materia es explicada por medio de una distribución espacial de los átomos. Así, la escuela atomista forma una visión materialista del mundo. “La antigua filosofía griega es siempre intuición esencial, conocimiento del ente. Pero tal *ente* es aquí *materia*. Al profundizar con gran agudeza en el concepto empedocliano-anaxagórico de *parte*, ya no considera lo divisible como elemento último para la captación del entendimiento, sino lo indivisible, el átomo, que en su terminología está claramente definido como *el cuerpo indivisible, la esencia indivisible o naturaleza*, o también –puesto que todos los átomos son iguales por su masa y solo difieren en la forma– *la forma* (idea). A ese ente *con masa* se trasladan los predicados que Parménides había enunciado del ente (incorpóreo): el átomo se considera asimismo como innato, imperecedero, invariable, simple, limitado” (Kranz 1962, p. 89). Por otra parte, la postura idealista concibe la materia como un símbolo, cuya estructura se expresa en el lenguaje matemático, el cual permite acceder a la unidad que fundamenta el mundo fenoménico. Unidad, por cierto, de tipo metafísica. En Platón y en la escuela pitagórica encontramos los inicios de esta idea.

De lo dicho hasta acá resulta interesante hacer notar que tanto las especulaciones atomistas de Leucipo y Demócrito como la filosofía platónica han pasado a ser el punto de partida ineludible sobre la materia a lo largo de la historia. Estos dos principios, el materialista y el idealista se superponen de manera escurridiza en las reflexiones de diversos pensadores, mostrando con ello el carácter complejo de la noción de materia.

Ahora bien, el poder establecer una confirmación de las especulaciones filosóficas de la vieja escuela atomista debió ser irresistible para muchos físicos de entonces a la luz de los datos experimentales. De hecho, el postulado de entidades materiales últimas e indivisibles es la consecuencia lógica dentro del intento de una explicación estrictamente racional del mundo físico, pese a que por muchos siglos fue solo un supuesto metodológico⁸. Mas, Heisenberg deja en claro que la relación solo es parcial y en muchos puntos el modelo atómico elaborado por la moderna teoría atómica difiere esencialmente de las ideas de Leucipo y Demócrito. “La partícula elemental indivisible de la física moderna posee la cualidad de ocupación del espacio no en mayor grado que otras propiedades tales como, color y solidez de lo material. En su esencia no es una partícula material en el espacio y el tiempo, sino en cierto sentido, solamente un símbolo, en cuya introducción las leyes de la naturaleza

⁸ Un ejemplo de ello lo encontramos en Newton y su apelación a partículas sólidas, materiales e impenetrables.

adoptan una forma especialmente sencilla. La moderna teoría atómica es de este modo esencialmente diferente de la atomística antigua, puesto que no permite ninguna reinterpretación o elaboración para hacerla coincidir con la concepción ingenuamente materialista del universo” (Heisenberg 1952, p. 55, 56).

A lo largo de su evolución intelectual mediada en gran parte por influencias filosóficas, Heisenberg intentó siempre alejarse de una concepción estrictamente material del mundo. “[Heisenberg] cambió el punto de vista acerca del mundo, el cual había llegado a ser *clásico* y derrumbó una serie de certezas sobre la cual la física de trescientos años había estado basada. Heisenberg llamó a estas certezas la ‘ontología del materialismo’, esto es, la certeza que la naturaleza estaba allí, sólida y material, infinitamente accesible a la descripción objetiva, en la cual el propósito de cada generación futura de científicos conquistaba un trozo más” (Heelan 1965, p. 23). De hecho, ya en su primera etapa, que podríamos catalogar de empirista, deja en claro que los átomos como unidades últimas solo son símbolos obtenidos mediante una compleja formulación matemática. De acuerdo con esto, la infinita divisibilidad de la materia solo es concebible en un plano lógico no metafísico.

3.2 Platón

Como ya ha sido mencionado, la lectura del *Timeo* de Platón, fue la influencia filosófica más importante en el pensamiento de Heisenberg. En definitiva, nuestro autor se sintió muy identificado con una explicación geométrica del mundo natural. “La idea de que en las partes mínimas de la materia se tropieza al final con formas matemáticas me fascinaba” (Heisenberg 1972, p. 14). En esta imagen propuesta por Platón, los cuatro elementos, a saber, tierra, fuego, aire y agua, son asociados a las siguientes figuras de la estereometría respectivamente: cubo, tetraedro, octaedro e icosaedro. Esta asociación salva algo fundamental en el mundo fenoménico, a saber, **el cambio**. Puesto que para Platón las figuras geométricas asociadas a los cuatro elementos se descomponen en triángulos, esto asegura un punto originario común, a partir del cual se obtienen todas las figuras antes mencionadas. Al respecto afirma nuestro autor: “Platón construye los sólidos regulares a partir de dos triángulos básicos, el equilátero y el isósceles, los cuales se juntan para formar la superficie de los sólidos. Por consiguiente, los elementos (al menos de manera parcial) pueden ser transformados en cada uno de los otros” (Heisenberg 1963, p. 65). De acuerdo con esto último, el conocimiento de las estructuras últimas de la naturaleza está asociada a un pensar formal no material. No obstante, según Heisenberg, fue este último el que prevaleció a lo largo de la tradición, al tener como modelo el atomismo de Leucipo y Demócrito. Sin embargo, a la luz de las paradojas cuánticas, nuestro autor ve en el pensamiento platónico un modo de superar el materialismo en el que se encontraba la física clásica y que impedía dar cuenta de manera satisfactoria del ámbito atómico.

Ahora bien, Heisenberg rescata con gran originalidad la concepción platónica del pensar matemático como un modo de conocimiento que nos eleva por sobre el mundo “ilusorio” de los sentidos. Los átomos a la luz de la teoría cuántica son meros símbolos, los cuales incluyen al propio observador. Estos símbolos no son por ende

objetivos, ni tampoco son cosas, realidades en el sentido fuerte del término, es decir, que impliquen per se un ámbito ontológico. Este aspecto formal de los elementos es el que le permite elaborar a Heisenberg una concepción simbólica de la naturaleza. “Las partes más pequeñas de la materia no son el Ser fundamental, como en la filosofía de Demócrito, sino formas matemáticas. **Aquí se hace evidente que la forma es más importante que la substancia a partir de la cual esté hecha la forma**” (Heisenberg 1963, p.66)

Pues bien, la noción de materia en Heisenberg mantiene una estrecha relación, si bien no explícita, con esta concepción platónica recién expuesta. El cosmos es imagen de un modelo perfecto. Mediante el conocimiento intelectual podemos acceder a estas formas inteligibles e inmutables. Este conocimiento, expresado en una superación del mundo sensible, se presenta a través de un itinerario intelectual, cuyo comienzo está en el conocimiento matemático. Heisenberg ve, al igual que Platón, el poder racional, dialécticamente entendido, del conocimiento matemático. Las formas geométricas a las cuales alude *Timeo* no son mera metáfora. Ellas constituyen la apelación de que el mundo natural es accesible al conocimiento humano. Estos dos puntos sobre los cuales hemos articulado el análisis del *Timeo* han permitido acercarnos a la noción de materia en Heisenberg. El formalismo matemático de la teoría cuántica fue siempre visto por nuestro autor desde una perspectiva platónica. Siguiendo esta línea, dicho formalismo apela a una realidad más allá del símbolo. En este punto, nuestro autor nos muestra su clara afinidad con Platón y su alejamiento del positivismo lógico. Con ello, Heisenberg entreluce que la misma teoría cuántica es una imagen y como tal es una teoría cerrada que puede ser relacionada con otras teorías. Así, la labor pictórica de la física debe estar siempre en relación con una reflexión filosófica que nos recuerde nuestra condición de prisioneros, tal como acontece en la *alegoría de la caverna* de Platón.

3.3 Aristóteles

Heisenberg se interesa por la filosofía del estagirita a propósito de su teoría hylemórfica. Cabe precisar y aclarar que este acercamiento resulta ser puntual, por el hecho de que Heisenberg toma tan solo dos nociones de la filosofía aristotélica, a saber, **acto** (*ἐντελέχεια*) y **potencia** (*δύναμις*). Por otra parte está el hecho de que el acercamiento al estagirita se inscribe en lo que podemos llamar su período de madurez. En esta última etapa de su evolución intelectual, Heisenberg, imbuido por el anhelo de universalidad y necesidad planteado por Kant, intenta una teoría que sea capaz de expresar la unidad de la materia, pero siempre enmarcado dentro de su concepción de teoría cerrada⁹. El autor del principio de incertidumbre intenta

⁹ La expresión ‘teoría cerrada’ (*abgeschlossene Theorie*) designa para Heisenberg un conjunto de proposiciones que contiene todas las consecuencias lógicas de cualquier subconjunto suyo. Ellas se ordenan en una región particular de la realidad. De acuerdo con Heisenberg, es fundamental tener siempre presente que el carácter universal de una teoría se restringe a una región de la realidad, pues

formular una ecuación originaria que sea capaz de dar cuenta de la multiplicidad de las partículas elementales. “A partir de 1950, Heisenberg puso su atención cada vez con mayor énfasis en el programa para la elaboración de una *teoría unificada de campos* de la materia. La universalidad de la energía, como constituyente y determinante de todas las transmutaciones, le permitió suponer que todas las partículas elementales eran estados estacionarios de *un sistema físico ‘material’ ...*” (Heelan 1965, p. 144).

Cabe agregar que la interpretación probabilística de la teoría cuántica trajo consigo el alejamiento definitivo de la idea absoluta y determinista de la física newtoniana. Mas, Heisenberg, fiel a su gusto por la filosofía griega, intenta buscar un punto sobre el cual articular su búsqueda. En este diálogo fecundo recurre a la concepción hylemórfica de Aristóteles. Esto, debido a que la división de partículas no logra, a juicio de nuestro autor, dar cuenta de la unidad última de la materia. Teniendo presente la lectura del *Timeo*, intenta elaborar una concepción de materia que lo llevará a conciliar el aspecto probabilístico de los átomos y la estabilidad misma de estos. En otra palabras, Heisenberg intenta la audaz propuesta de hacer concordar el ámbito epistémico y el ontológico de la teoría cuántica.

Él mismo afirma al respecto: “Todas las partículas elementales pueden ser transformadas, a niveles de energía muy altos, en otras partículas, o ellas pueden ser creadas a partir de energía cinética y pueden ser aniquiladas en energía, por ejemplo, en radiación. **Por consiguiente, tenemos aquí la prueba final de la unidad de la materia. Todas las partículas elementales están hechas de la misma substancia, que podemos llamar energía o materia universal.** Ellas son tan solo las distintas formas en las que la materia puede manifestarse. Si nosotros comparamos esta situación con los conceptos aristotélicos de materia y forma, podemos decir que la materia de Aristóteles, que es mera ‘potencia’, debería ser comparada con nuestro concepto de energía, el cual llega a la ‘actualidad’ por medio de la forma, cuando la partícula elemental es creada” (Heisenberg 1963, p.139). Es interesante ver cómo Heisenberg logra hacer coincidir en este punto a Platón y Aristóteles. Del modo más ecléctico toma el espíritu pitagórico de Platón y lo acuña con el aspecto dinámico y teleológico de la física aristotélica. La materia, según esta propuesta, es una fuerza originaria y constante desde la cual se producen los sillares básicos de la naturaleza, los cuales se manifiestan en nuestra representación del mundo mediante la formalización

sus límites, a la luz de la experiencia, están siempre en constante revisión. Por otra parte, al interior de esa región, una vez que ha sido comprobada experimentalmente, su validez permanece universalmente válida al interior de ese campo o dominio. Un ejemplo de teoría cerrada resulta ser la mecánica de Newton. El propio Heisenberg afirma al respecto: “Por consiguiente, en ciencias exactas la palabra ‘definitivo’ significa evidentemente que existen siempre sistemas, matemáticamente representables y contenidos en sí mismos, de conceptos y leyes que son aplicables a ciertos dominios de experiencia, en los cuales son siempre válidas, y que no son susceptibles de cambio ni de mejora. No obstante, es evidente que no podemos esperar que esos conceptos y leyes resulten apropiados para la descripción subsiguiente de nuevos dominios de experiencia” (Heisenberg 1998).

matemática. Este modo de acceder al fenómeno en el ámbito cuántico enfatiza el carácter de interdependencia entre el sujeto y lo observado. Se trata por ende de que la noción “realidad” es vista ahora bajo el prisma de la acción conjunta entre sujeto y objeto¹⁰.

4. *Materia: Símbolo e intencionalidad*

Partiendo de esta actitud ecléctica de Heisenberg hacia la obra de Platón y Aristóteles, es posible sustentar una lectura de la noción de materia que permita diseñar una ontología de esta última. Cabe precisar en este punto que comúnmente, a la luz del cambio paradigmático propuesto en física cuántica respecto a la relación sujeto-objeto, se suele proponer en la literatura filosófica sobre la teoría cuántica una especie de ontología del observador, dejando cerrado el acceso al plano de una realidad de tipo trascendente. Heisenberg logra salvar este acceso haciendo hincapié en el carácter intencional de la matemática. En otras palabras, nuestro físico, fiel a Platón y por extensión al pensamiento pitagórico, ve en el lenguaje matemático una simbología que da cuenta de una realidad de tipo trascendente. De acuerdo con esta idea, la materia se presentaría como una categoría de tipo fundamental que estaría sustentada en última instancia por la “intencionalidad”. En este punto cabe recordar que el átomo en Heisenberg no es una realidad en sí, al modo del nómeno kantiano, sino tan solo un momento. Por lo tanto, lo que solemos denominar estado cuántico resulta ser, a la luz de lo expuesto acá, el resultante de una actualización de una pura potencialidad, la cual se encuentra allende un plano fenoménico. Pareciera ser que cada vez que medimos la naturaleza realiza una “elección”¹¹. Teniendo presente el carácter probabilístico de la teoría cuántica, junto con la influencia de Platón, Heisenberg intenta elaborar una concepción que permita salvar, como hemos dicho, el carácter intencional de la teoría cuántica y a su vez el de la materia. “Los símbolos matemáticos con que describimos tales observaciones representan más bien lo posible que lo fáctico. Quizá se podría decir que representan algo intermedio entre lo posible y lo fáctico [...] Este conocimiento determinado de lo posible permite algunos pronósticos exactos y precisos, pero generalmente tan solo facilita conclusiones acerca de la probabilidad de un futuro evento” (Heisenberg 1972, p.152, 153). Se trata de que lo observable, es decir, la experiencia que poseemos de un átomo, es un momento expresado mediante una probabilidad. Por consiguiente, el proceso de medición resulta ser de suma importancia a la hora de sustentar una ontología de la materia al aplicar

¹⁰ No debe caerse en el error de leer kantianamente esta aseveración. Si así fuera, no podríamos decir con Heisenberg que la sustancia última del universo es energía y que podemos postular su estabilidad por medio de las simetrías matemáticas. En otros términos, en esta propuesta no hay nómeno en sentido fuerte.

¹¹ Para más detalles sobre esta idea de potencialidad y elección presentes en la naturaleza como categoría metafísica, cf. Mailin (2001).

estos conceptos filosóficos. Basándose principalmente en las nociones de acto y potencia, Heisenberg logra señalar que el átomo es tan solo una manifestación de una realidad de tipo metafísica, es decir, la compleja formulación matemática contenida en la teoría cuántica resulta ser una herramienta que permite describir, de manera probabilística, tan solo el fenómeno. Por ende, el proceso de medición mismo consiste en una actualización, lo cual a su vez puede ser entendido como una actualización de una continuidad, la cual resulta ser alterada debido a nuestra propia estructura cognitiva.

De acuerdo con esto último, la materia es posible presentarla como ontológicamente continua y epistémicamente discreta. Así, bajo la luz de este nuevo acceso epistémico, **la física se avoca a la descripción de nuestro conocimiento de la naturaleza y no ya al de la naturaleza en sí.** De este modo, la materia resulta ser una unidad tipo que da cuenta, por medio de la matemática, es decir, simbólicamente, de esta realidad de índole metafísica, pero que no logra explicarla, por cuanto queda fuera de su campo de acción.

5. *Diálogo: física y filosofía*

En este recorrido sucinto sobre la noción de materia en Heisenberg hemos podido ver cuán profunda y fructífera ha sido su relación con la filosofía griega. Esto demuestra a su vez que el diálogo entablado por parte de Heisenberg posee una doble significación. Por una parte, resulta ser un diálogo con un significado histórico, por cuanto Aristóteles y Platón se encuentran situados en una época distinta a la de Heisenberg. Por otra parte, dicho diálogo es también interdisciplinario, puesto que alude al acercamiento entre dos disciplinas diferentes: física y filosofía. A su vez, hemos podido destacar la gran *finesse d' esprit* por parte de Heisenberg, al poder aplicar de manera concreta las especulaciones filosóficas llevadas a cabo hace más de dos mil años por Platón y Aristóteles a la formulación de una de las teorías más importantes en física teórica. Como afirma Herbert Hörz al respecto: "El análisis de las opiniones filosóficas de Werner Heisenberg nos ha mostrado la estrecha interdependencia entre las ideas físicas y filosóficas. Como físico sobresaliente, Heisenberg reconoce el significado del pensamiento filosófico. Él se ocupa de la historia de la filosofía, al buscar comprender el accionar de todas las ideas filosóficas bajo nuevas relaciones y plantea a su vez interesantes problemas filosóficos relacionados con el desarrollo de la física" (Hörz 1968, p.228).

Con ello podemos ver claramente el valor perenne de la filosofía que a lo largo de los siglos permanece como auténtica tradición, es decir, un *trahere* que fluye de manera continua alimentando y nutriendo las más diversas áreas del conocimiento humano.

Referencias bibliográficas

- Beller, Mara (1999), *Quantum Dialogue: The making of a revolution*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Cassidy, David (1992), *Uncertainty: The life and science of Werner Heisenberg*. New York: W. H. Freeman and Company.
- De Broglie, Louis (1951), *Física y Microfísica*. Buenos Aires: Losada.
- Duhem, Pierre (1954), *The Aim and Structure of Physical Reality*. Translated from the 2nd French edit. Princeton: Princeton University Press.
- Heelan, A. Patrick (1965), *Quantum mechanics and objectivity: A study of the physical philosophy of Werner Heisenberg*. The Hague: Martinus Nijhoff.
- Heisenberg, Werner (1952), *Philosophic problems of nuclear science*. New York: Pantheon.
- Heisenberg, Werner (1972), *Diálogos sobre la física atómica*. 2^a edición. Traducción Wolfgang Strobl y Luis Pelayo. Madrid: Editorial B. A. C.
- Heisenberg, Werner (1963), *Physics and Philosophy: The revolution in modern science*. 2nd impression. Great Britain: Unwin University Books.
- Heisenberg, Werner (1998), "Si la ciencia es consciente de sus límites", en Ken Wilber, *Cuestiones cuánticas*, p. 114-115.
- Hörz, Herbert (1968), *Werner Heisenberg und die Philosophie*. Berlín: VEB deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Kranz, Walter (1962), *Historia de la filosofía*. Tomo I: *Los presocráticos*. 4^a edición. México: UTEHA.
- Mailin, Shimon (2001), *Nature loves to hide: Quantum physics and the nature of reality, a Western perspective*. New York: Oxford University Press.
- Wieland, Wolfgang (1969), "Sobre física y metafísica", en Eckart Heimendahl, *Física y filosofía*, 146-184.

RESUMEN / ABSTRACT

El presente artículo pretende mostrar lo fructífero de un diálogo interdisciplinario entre filosofía y física. Tomando como punto central la obra del físico contemporáneo Werner Heisenberg en relación con la noción de materia, se intenta una exposición que resalte la vaguedad en que ha permanecido esta noción a lo largo de la historia de la física. De este modo, la aproximación por parte de Heisenberg a la filosofía de Platón y Aristóteles resulta ser una clara muestra de cómo la filosofía es capaz de entregar sólidos fundamentos conceptuales, tanto para la elaboración de teorías físicas como para la solución de problemas.

The present paper is an attempt to show how fruitful an interdisciplinary dialogue between philosophy and physics may result. We consider mainly Werner Heisenberg's work with regard to the notion of matter, while emphasizing how vague this notion had remained throughout the history of physics. Heisenberg's approach to the philosophy of Plato and Aristotle shows how philosophy is capable of contributing with solid conceptual grounds, both to the elaboration of physical theories and to the solution of physical problems.