

# El proyecto de la unidad de la naturaleza en Carl Friedrich von Weizsäcker

Resumen: La intención de este trabajo es presentar el proyecto filosófico trascendental de Carl Friedrich von Weizsäcker sobre la unidad de la naturaleza. Para ello, comenzaremos analizando cómo caracteriza esta unidad de la naturaleza desde la mecánica cuántica entendida como una teoría cerrada en el sentido de Heisenberg con la temporalidad de la naturaleza. Luego, dada esta propiedad temporal de la naturaleza y de la mecánica cuántica, es necesario según Weizsäcker interpretar el a priori kantiano en un sentido relativo y finalmente bosquejamos una epistemología de Weizsäcker.

Palabras clave: Mecánica cuántica, a priori, espacio-tiempo, causalidad, leyes.

Abstract: The intent of this paper is to present the transcendental philosophical project of Carl Friedrich von Weizsäcker on the unity of nature. We will start by analyzing how characterizes this unity of nature from quantum mechanics understood as a closed theory in the sense of Heisenberg with the temporality of nature. Then, given this temporary ownership of nature and quantum mechanics, it's necessary according to Weizsäcker interpret the Kantian a priori in a relative sense and finally we outline an epistemology of Weizsäcker.

Keywords: Quantum Mechanics, A priori, Space-Time, Causality, Laws.

## Introducción

En los últimos años, la literatura científica referida a la filosofía de la mecánica cuántica ha vuelto a reflexionar sobre si es posible hacer o no una interpretación trascendental de la mecánica cuántica<sup>1</sup>. En la década de 1930,

---

<sup>1</sup> Por mencionar algunos autores: P. MITTELSTAEDT, *Philosophical Problems of Modern Physics*, Dordrecht, Reidel, 1976; P. MITTELSTAEDT, "The constitution of objects in Kant's philosophy and in modern physics", en P. Parrini (ed.), *Kant and contemporary epistemology*, Dordrecht, Kluwer, 1994, pp. 115-129; P. MITTELSTAEDT, "Constitution of Objects in Classical Mechanics and in Quantum Mechanics", *International Journal of theoretical physics* 34/8 (1995) 1615-1626; E. SCHEIBE, "Kant's apriorism and some modern positions", en E. Scheibe (ed.), *The role of experience in science*, Berlin, Walter De Gruyter, 1988, pp. 1-22; B. FALKENBURG, "Bohr's Principles of Unifying Quantum Disunities", *Philosophia-Naturalis* 35 (1998) 95-120; B. FALKENBURG, "Kants Naturbegriff und die Begründung der modernen der Physik", *Philosophia naturalis* 37 (2000) 409-438; B. FALKENBURG, "Kant's architectonic principles for a metaphysics of nature", en C. Ferrini (ed.), *Eredità Kantiana (1804-*

los esfuerzos para ampliar el análisis trascendental para el campo de la física contemporánea fueron hechos por los filósofos neo-kantianos tales como Grete Hermann, Ernst Cassirer, el físico Werner Heisenberg y su discípulo Carl Friedrich von Weizsäcker; la influencia filosófica entre estos últimos fue mutua.

Un tema controvertido es si la interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica se puede entender en términos de la filosofía kantiana. Heisenberg, en varios de sus ensayos, toma una posición clara en lo que respecta a los límites de la epistemología kantiana en relación con la Teoría cuántica. Incluso hay un capítulo titulado "Mecánica Cuántica y la filosofía kantiana" en su libro *Física y más allá: Encuentros y Conversaciones*<sup>2</sup>, mientras que Bohr no hace ninguna referencia explícita a la filosofía kantiana, a pesar de que recibió una educación durante un periodo fuertemente influenciado por el neokantismo.

Por otra parte, los estudiosos como Clifford A. Hooker (1972), John Honner (1982), Catherine Chevalley (1991), Steen Brock (2003) y Hernán Pringe (2006)<sup>3</sup> establecieron un paralelismo entre el pensamiento de Kant y de Bohr. Aunque no hay una referencia explícita a Kant en los textos de Bohr, estos autores afirman que los elementos kantianos implícitos se pueden encontrar en el mismo sin lugar a dudas.

---

2004): *questioni emergenti e problemi irrisolti*, Napoli, Bibliopolis, 2004, pp. 127-153; J. PETITOT, *La philosophie transcendantale et le problème de l'objectivité*, Paris, Osiris, 1991; M. BITBOL, *Mécanique quantique: une introduction philosophique*, Paris, Flammarion, 1996; M. BITBOL, "Some steps towards a transcendental deduction of quantum mechanics", *Philosophia naturalis* 35 (1998) 253-280; M. BITBOL, "Relations, Synthèses, Arrière-Plan; sur la philosophie transcendantale et la physique moderne", *Archives de Philosophie* 63 (2000) 595-620; M. BITBOL, "Arguments transcendants en physique moderne", *Revue philosophique de l'Université de Caen* 35(2000) 81-101; M. BITBOL et al. (ed.), *Constituting Objectivity: Transcendental Perspectives on Modern Physics*, Berlin, New York, Springer, 2009.

<sup>2</sup> W. HEISENBERG, *Física y más allá: Encuentros y Conversaciones*, Madrid, BAC, 1974.

<sup>3</sup> Cf. C. A. HOOKER, "The nature of quantum mechanical reality", en R. G. Colodny (ed.), *Paradigms and Paradoxes*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 1972, pp. 135-172; J. HONNER, "The transcendental philosophy of Niels Bohr", *Studies in the History and Philosophy of Sciences* 13 (1982) 1-30; C. CHEVALLEY, "Glossaire", en N. Bohr, *Physique atomique e connaissance humaine*, Paris, Gallimard, 1991, pp. 345-567; S. BROCK, *Niels Bohr's Philosophy of Quantum Physics*, Berlin, Logos Verlag, 2003; H. PRINGE, *Critique of the quantum power of judgment, a transcendental foundation of quantum objectivity*, Berlin, New York, Walter de Gruyter, 2007, p. 227; C. CHEVALLEY, "Niels Bohr's Words and the Atlantis of Kantianism", en J. Faye, H. Folse (eds.), *Niels Bohr and Contemporary Philosophy*, Dordrecht, Kluwer, 1994, pp. 33-55.

En el caso de Heisenberg<sup>4</sup>, hay una evolución en sus reflexiones con respecto a la interpretación filosófica de la mecánica cuántica. Su punto de vista filosófico no permaneció fijo a lo largo de los años. En sus comienzos, estuvo próximo al positivismo lógico en la década de 1920, después adoptó una lectura neo-kantiana de Bohr en la década de 1930, luego asumió un “giro lingüístico” en los años 1940 y finalmente una vuelta hacia la doctrina de la potencia aristotélica en la década de 1950. Hubo una constante búsqueda de la mejor interpretación filosófica de la mecánica cuántica, y no solamente de su consistencia físico-matemática. Se conoce como último Heisenberg al período que comienza con su obra madura en la que realizó una meritoria profundización en los presupuestos e implicaciones filosóficas de la llamada Interpretación de Copenhague. Su obra *Física y filosofía*<sup>5</sup> recoge el texto de las conferencias Gifford pronunciadas durante el curso 1955/1956 en la Universidad de St. Andrews.

En el caso de Weizsäcker, podemos decir que hay una cierta linealidad en sus reflexiones filosóficas desde sus escritos tempranos hasta los últimos comparados con los escritos de Heisenberg, en cuanto que tomó lo que Heisenberg ya había reflexionado y lo continuó, pero esto no implica afirmar que sus reflexiones sean las mismas. La búsqueda de una interpretación filosófica conducirá a Weizsäcker a volver a los griegos, algo que ya había hecho Heisenberg, particularmente a la noción de naturaleza de Aristóteles y a las simetrías matemáticas en Platón, y es así que las reflexiones de Weizsäcker se orientarán hacia una ontología platónica. Tomaremos como guía temática para el tratamiento de nuestra investigación cuatro de sus libros, sin excluir sus otras obras: *Zum Weltbild der Physik*<sup>6</sup> (1943), *Die Einheit der Natur*<sup>7</sup> (1971), *Aufbau der Physik*<sup>8</sup> (1985) y *Zeit und Wissen*<sup>9</sup> (1992). Estas obras, como la mayoría de las suyas, son en realidad lecciones universitarias, que luego fueron publicadas como libros. Debemos tener esto en cuenta, porque más

---

<sup>4</sup> Un trabajo interesante para el estudio de Heisenberg es K. CAMILLERI, *Heisenberg and the interpretation of quantum mechanics: the physicist as philosopher*, Cambridge, Cambridge University Press, 2009. También es recomendable el libro de P. A. HEELAN, *Quantum mechanics and objectivity, study of the Physical Philosophy of Werner Heisenberg*, The Hague, Martinus Nijhoff, 1965.

<sup>5</sup> W. HEISENBERG, *Física y filosofía*, Buenos Aires, La Isla, 1959.

<sup>6</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Zum Weltbild der Physik*, Leipzig, Hirzel, 1958.

<sup>7</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Die Einheit der Natur*, München, Hanser, 1971.

<sup>8</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Aufbau der Physik*, München, Hanser, 1985.

<sup>9</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Zeit und Wissen*, München, Hanser, 1992.

que una unidad hay una heterogeneidad, y no siempre encontramos en los temas propuestos un desarrollo completo.

### 1. La unidad de la naturaleza desde la mecánica cuántica

¿Qué podemos entender por unidad de la naturaleza? Según Weizsäcker, podemos decir que la unidad es *la unidad de los objetos cuánticos*, que manifiestan *la unidad de las leyes físicas*, y ésta *la unidad de la física*, que en última instancia manifiesta *la unidad de la naturaleza con el sujeto cognoscente*<sup>10</sup>. Esta hipótesis intenta salir del planteamiento físico-ontológico que ha sido iniciado por el proyecto de Descartes: la separación entre *res-cogitans* y *res-extensa*, que, con algunas modificaciones, seguirá presente dentro del planteamiento físico newtoniano y que está presente, según Weizsäcker<sup>11</sup>, también en Kant y en toda la física pre-cuántica y pre-relativista que pensó la existencia de la naturaleza física y sus relaciones como intersubstanciales.

En esta búsqueda de fundamentación filosófica de la física, Weizsäcker entiende que la física es la ciencia de la naturaleza (*phýsis*) en el sentido aristotélico, entendiendo por naturaleza a *lo que tiene en sí el principio del movimiento*, pero que, interpretado desde la ciencia moderna, sigue el camino iniciado por Galileo y Newton, despojándolo del planteamiento substancialista de Aristóteles. Para Weizsäcker, no podemos seguir tratando a los electrones, protones, neutrones, partículas y sub-partículas cuánticas como si fueran granos de arena o cuerpos (*res extensa*). Heisenberg es más radical al afirmar que es necesario abandonar el paradigma atomista y tomar el de la simetría que es más importante, como lo había observado la matemática Amalie Emmy Noether<sup>12</sup>. La mecánica cuántica nos ha mostrado una rea-

---

<sup>10</sup> Cf. C. F. VON WEIZSÄCKER, *Die Einheit der Natur*, p. 466.

<sup>11</sup> Cf. C. F. VON WEIZSÄCKER, *Zeit und Wissen*, p. 276.

<sup>12</sup> El teorema de Noether garantiza que siempre que una teoría sea invariante bajo una simetría continua, habrá una cantidad física que se conserva en los procesos a que esa teoría es aplicable. Este teorema manifiesta un hecho profundo físico: que hay una cantidad, la energía, que es la misma antes, durante y después del experimento; de este modo, si observamos que una cantidad determinada se conserva en todos nuestros experimentos, la teoría que buscamos debe ser invariante bajo alguna simetría. Identificar dicha teoría puede conducirnos a la teoría correcta. Una teoría simétrica es bella, de la misma manera que una figura simétrica. Aunque la prueba experimental es lo que nos permite ver si una teoría es correcta, la estética puede ser una muy buena guía. La teoría más bella no es necesariamente la mejor, pero en ocasiones sucede que teorías desarrolladas por razones puramente matemáticas resultan ser útiles para describir la naturaleza.

lidad en la que la ontología de la *res-extensa es falsa*. Ahora bien, ¿qué es la mecánica cuántica para Weizsäcker?

“Hemos formulado la teoría cuántica como una teoría comprensiva del conocimiento humano empíricamente decidible. Es una teoría cerrada en el sentido de Heisenberg. Dicha teoría no puede ser mejorada posteriormente, por pequeñas modificaciones”<sup>13</sup>.

Como hemos mencionado, este planteamiento de la teoría cuántica<sup>14</sup> se encuadra como una radicalización de la ciencia moderna que comienza con Galileo y perfeccionada por Newton, con el método experimental y con las matemáticas. Como expresó Newton:

“Toda la dificultad de la filosofía parece consistir en pasar de los fenómenos de movimiento a la investigación de las fuerzas de la Naturaleza, y luego demostrar los fenómenos a partir de esas fuerzas”<sup>15</sup>.

Este gran cambio conceptual es la característica fundamental de la ciencia moderna en la que las leyes de la naturaleza son leyes que se obtienen a partir de la experimentación y que pueden ser formuladas matemáticamente y no derivadas de un principio interno. Weizsäcker reconoce la influencia platónica que hubo en este nuevo enfoque de la ciencia y en especial en la matematización de las leyes, e intentará buscar el porqué de este fundamento, siguiendo la afirmación de Heisenberg de que, si queremos conocer la naturaleza, debemos calcular por ella, dado que la naturaleza no calcula por nosotros<sup>16</sup>.

Para Heisenberg, el éxito de las matemáticas en la formulación de las leyes de la física radica en su simplicidad y simetría. Fue Platón quien por primera vez vio esto:

“Lo que realmente hace falta es un cambio en los conceptos fundamentales. Tendremos que abandonar la filosofía de Demócrito y

---

<sup>13</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Aufbau der Physik*, p. 311. Ésta y las demás traducciones me pertenecen.

<sup>14</sup> Ambos autores usan como equivalente teoría cuántica y mecánica cuántica.

<sup>15</sup> I. NEWTON, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, Madrid, Editora Nacional, 1982, p. 200.

<sup>16</sup> Cf. C. F. VON WEIZSÄCKER, *Die Einheit der Natur*, p. 315.

el concepto de partícula elemental. Y en lugar de ello deberíamos aceptar el concepto de simetrías fundamentales que deriva de la filosofía de Platón. Así como Copérnico y Galileo abandonaron en su método la ciencia descriptiva de Aristóteles y tomaron la ciencia estructural de Platón, también es probable que en nuestros conceptos tengamos que abandonar el materialismo atómico de Demócrito y recurrir a las ideas de simetría de la filosofía platónica<sup>17</sup>.

Estos autores están de acuerdo en parte con la descripción que hace Platón en el diálogo *Timeo*, en el que la física en el sentido platónico considera objetos generados y móviles. Para Platón la física no puede considerarse ciencia, porque no puede ser absolutamente deducida de las formas eternas y considera el discurso cosmológico de la física como una narración altamente verosímil y, por lo tanto, exenta de certeza absoluta, así que no le concede explícitamente el rango de ciencia. Aquí la diferencia es clara: tanto para Heisenberg como para Weizsäcker, la física-matemática moderna es ciencia en sentido estricto.

Tanto Heisenberg como Weizsäcker plantean que la búsqueda de la unidad de las leyes físicas es el núcleo de la física contemporánea como empresa humana. Entendiendo esta unidad como búsqueda de la coherencia semántica<sup>18</sup> de estas leyes. Esta estructura semántica de la física es el fruto de la racionalidad humana y la mejor garantía de un conocimiento verdadero de la naturaleza. Si hacemos una comparación en esta búsqueda de la unidad con la filosofía platónica podríamos decir que la mecánica cuántica como teoría físico-matemática en su estado actual hace juicios en *función de teorías* que tienen un *rango de validez*; juicios que, desde la perspectiva de Platón no son más que verosímiles. El avance de las matemáticas, al descubrir nuevas estructuras, le permitirá a la física fundamentar sus leyes y, de este modo, acercarse más a la naturaleza. Dicho en el lenguaje platónico: la física, mediante la matemática, es la que nos permite acercarnos a los principios inmutables e inteligibles que el Demiurgo piensa en la construcción del Universo. De este modo, axiomatizar la matemática y construir nuevos

---

<sup>17</sup> W. HEISENBERG, *Philosophical problems of quantum physics*, Woodbridge Conn, Ox Bow Press, 1969, pp. 23-24.

<sup>18</sup> Se entiende por concepto semántico físico al significado físico de los conceptos matemáticos empleados para formular las leyes físicas, las que describen la relación de nuestro conocimiento con la naturaleza.

teoremas sin la limitación que la naturaleza impone con su realidad fáctica –suscitando incluso muchas veces en la mecánica cuántica paradojas conceptuales– no afecta al desarrollo matemático de la teoría física.

Heisenberg fue el primero que observó que la formulación matemática del isospín y su simetría es, en algunos aspectos, similar a la formulación matemática del espín, de allí el nombre de *isospín*. De este modo, la simetría isospín está dada por la invariancia<sup>19</sup> del hamiltoniano de las interacciones fuertes bajo la acción de un grupo de Lie SU (2). Con ello podemos ver hasta qué punto le interesaba a Heisenberg tener no sólo una comprensión física, sino también filosófica, de la relatividad del movimiento, simetría, covariancia, invariancia y conservación de la energía. Y es esta misma percepción la que llevará a Weizsäcker a formular su noción filosófica del *Eidos-Philosophie*, que es la capacidad del ser humano de tener una percepción noética de la *estructura*. Con ella, pretende preservar el ideal de la unidad del conocimiento, sin dejar de lado la brecha creciente entre el conocimiento común y la experiencia científica. En la búsqueda de una unidad de la naturaleza, encontramos la consideración del *tiempo* como condición de posibilidad de la experiencia para Weizsäcker.

La cuestión del tiempo es un tema fundamental en el planteo de Weizsäcker. Que sea el tiempo no puede ser respondido de modo directo, sino que tenemos que ver el modo en el que tiempo se manifiesta en la naturaleza. Aquí Weizsäcker propone la siguiente tesis: *la naturaleza es histórica*<sup>20</sup>. Historia es lo que acontece. Pero no abarca solamente lo que acontece ahora, sino lo que ocurrió y lo que ocurrirá. Se cumple en el pasado, el presente y el futuro, por ende, en el tiempo. Los acontecimientos son temporales. Historia, en el sentido más común de la palabra, es el conjunto de los acontecimientos en el tiempo. En este sentido, la naturaleza tiene su historia, *puesto que ella misma está en el tiempo*. La historia de la naturaleza sería entonces

---

<sup>19</sup> La invariancia de ciertos parámetros respecto a grupos de transformación permite inferir la existencia de determinadas fuerzas y partículas en la naturaleza. Los grupos matemáticos de transformación son estructuras matemáticas que describen operaciones con N objetos. Se expresan mediante U (unitario), SU (unitarios especial). Por ejemplo, las interacciones electrodébiles emplean los grupos simétricos SU(2) y U(1), las fuertes SU(3). El número indica las dimensiones, por ejemplo, el tres para los colores de la fuerza fuerte, el dos para las parejas de leptones y quarks de una generación. El grupo de simetría SU(5) se obtiene al combinar SU(2) y SU(3). Se puede ampliar en: Valery VOLCHKOV y Vitaly VOLCHKOV, *Harmonic analysis of mean periodic functions on symmetric spaces and the Heisenberg group*, London, Springer, 2009.

<sup>20</sup> Cf. C. F. VON WEIZSÄCKER, *Die Geschichte der Natur*, pp. 16-35.

el conjunto de los acontecimientos naturales. Solamente hay historia donde hay transformación irrevocable.

Crear que la naturaleza no tiene historia fue una equivocación óptica. Todo depende de cómo se mire el *tiempo*. Pero ¿cuál es la diferencia con la historia del hombre? La diferencia está en que la naturaleza sufre la historia, no es *consciente* de ella. Solamente el hombre tiene historia consciente y experimentada. Porque solamente él tiene conocimiento y experiencia: lo “que distingue la historia del hombre de la de la naturaleza, es que la naturaleza no es consciente de su ser histórico”<sup>21</sup>. Siempre la historia será diferente en un ser consciente que en un ser inconsciente. Y la razón de esta tesis es su concepción del tiempo, la cual Weizsäcker toma del filósofo alemán Georg Picht para quien “Die Zeit ist selbst das Sein”<sup>22</sup> (El tiempo es el mismo ser). Es decir, el ser de la naturaleza es temporalidad y se manifiesta en la estructura de la temporalidad, pasado-presente-futuro. Esto lleva a Weizsäcker a afirmar que hay una jerarquía en la que la naturaleza es anterior al hombre y el hombre es anterior a las ciencias. De este modo las ciencias deben expresar este carácter temporal de la naturaleza. Y así a la noción definida de *physis* por Aristóteles, Weizsäcker le agrega el carácter temporal por la cual la naturaleza tiene una historicidad, que es irreversible y de la que aquella no es consciente.

Llegamos a una mejor comprensión de la unidad de la naturaleza no sólo por la especulación filosófica, sino también por el conocimiento que nos dan las ciencias particulares, es decir, por su carácter experimental y en especial el de la mecánica cuántica. Esto significó volver a preguntarse qué tipo de conocimiento tiene el hombre acerca de la naturaleza.

Por otro lado, con respecto a la unidad de las leyes de la mecánica cuántica en cuanto teoría, manifiesta que es una invención del espíritu humano, no es arbitraria y que no es el mismo tipo de unidad que el de la naturaleza: “La unidad de la física no es idéntica a la unidad de la naturaleza, pero conocemos en la unidad de la física la unidad de la naturaleza”<sup>23</sup>.

¿Qué es la unidad de la física en la mecánica cuántica? Weizsäcker lo expresa diciendo que la física cuántica tiene la unidad de una teoría cerrada de acuerdo con la epistemología de Heisenberg. Y sobre esto afirma:

---

<sup>21</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Die Geschichte der Natur*, p. 28.

<sup>22</sup> Cf. C. F. VON WEIZSÄCKER, *The Structure of Physics*, Berlin, Springer, 2006, p. 300. Escapa a la intensión de este trabajo hacer una profundización mayor sobre este tópico.

<sup>23</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Die Einheit der Natur*, p. 35.

“Por una teoría cerrada nos referimos a un sistema de axiomas, definiciones y leyes, por el que un gran campo de fenómenos se pueden describir y pueden ser representados matemáticamente de un modo correcto y no contradictorio”<sup>24</sup>.

Ejemplos de teorías cerradas son la mecánica clásica, la electrodinámica clásica, la relatividad especial y la mecánica cuántica. De este modo, Weizsäcker define la unidad de la física con las características constitutivas de una teoría cerrada. Pero esta unidad está sustentada en una unidad superior que no siempre ha sido bien entendida y en parte debido a que Weizsäcker no termino de precisar esta unidad en su último libro *Ziet und Wissen (Tiempo y conocimiento)*. Esta unidad fontal es *la unidad que hay entre el hombre y la naturaleza*. Podemos decir que este principio ontológico siempre está presente en el análisis que hace de la física y el método por el cual hacemos presente esta unidad fontal lo denomina *Kreisgang* (circularidad) que manifiesta la estructura del tiempo pasado-presente-futuro y que debe ser aplicado en el horizonte del conocimiento de las ciencias, en donde éstas avanzan en un movimiento circular de teoría cerrada a teoría cerrada hacia una teoría cerrada final.

Está presente entonces, en primer lugar, el pensamiento de Niels Bohr con la noción física epistemológica de *complementariedad*, la cual nos resulta difícil de definir, ya que no hay unanimidad en su interpretación por parte de los estudiosos, prevaleciendo una interpretación kantiana, con la cual Weizsäcker y Heisenberg manifiestan no estar de acuerdo<sup>25</sup>.

Según Weizsäcker, Niels Bohr no interpretó de modo kantiano el tema del espacio, del tiempo y de la causalidad, sino que escuchó del mismo Niels Bohr hacer referencia a sus lecturas de William James<sup>26</sup>, quien fue quizás, según la interpretación de Bohr, el primero que formuló una noción de *complementariedad*. En segundo lugar, está presente la noción de *anschaulichen Inhalt* (contenido intuitivo) de Heisenberg para denotar la conexión entre

---

<sup>24</sup> W. HEISENBERG, “Development of concepts in the history of quantum mechanics”, en *Encounters with Einstein and other people, places and particles*, Princeton, Princeton University Press, 1989, p. 132.

<sup>25</sup> Esto es importante tenerlo en cuenta, dado que en los últimos años hay un intento legítimo de interpretar la mecánica cuántica desde la perspectiva kantiana, incluido uno los discípulos más próximos a Weizsäcker como es el caso de Peter Mittelstaedt, quien propone interpretar la función de onda de la ecuación de Schrödinger con la noción de sustancia tal como la formuló Kant.

<sup>26</sup> Cf. C. F. VON WEIZSÄCKER, *Die Einheit der Natur*, p. 266.

teoría y realidad. Como lo ha manifestado Ana Rioja en su artículo “Los orígenes del principio de indeterminación”:

“Interpretar los experimentos es hallar el modo de correlacionar los símbolos del lenguaje matemático con los términos del lenguaje ordinario, única forma que está a nuestro alcance de decir algo acerca de la naturaleza. Esta es la tesis que Heisenberg defendió (no sin que mediara la influencia de Bohr)”<sup>27</sup>.

En tercer lugar, lo que podríamos denominar una interpretación no estricta kantiana, sino relativa; lo que hacen tanto Heisenberg como Weizsäcker es una reinterpretación del *a priori* kantiano. Para estos autores, la física moderna ha planteado problemas filosóficos que difícilmente encuentran una respuesta completa en el marco de los sistemas filosóficos conocidos del pasado y el presente. Además, la mecánica cuántica es, al mismo tiempo, la mejor teoría documentada empíricamente y la más radical de las teorías físicas modernas que nos puede ayudar a comprender la naturaleza no sólo en el sentido físico, sino también filosófico. Por otra parte, según Weizsäcker, las soluciones que Kant ha planteado no son, a la vista de la física moderna, ni verdaderas ni falsas, sino *ambivalentes*. Porque en la filosofía de la física de Kant no hay lugar ni para la experimentación ni para la probabilidad. Esta es una de las principales razones por las cuales, según Heisenberg y Weizsäcker, la filosofía de Kant no pueda dar cuenta de la mecánica cuántica, ya que *la mecánica cuántica es esencialmente probabilística*. Este carácter probabilístico no es por falta de conocimiento, como se pensaba en la física clásica, sino que es una propiedad ontológica esencial real del ente físico.

De este modo, la mecánica cuántica es la teoría física que puede reconstruir matemáticamente la multiplicidad empírica, es asimismo una forma débil de objetividad que *de iure* sólo podrá referirse a las relaciones entre los fenómenos observables, es decir, es una realidad filtrada por las condiciones de accesibilidad experimental, sensorial e intelectual. Y esto constituye el principio de limitación de los conocimientos físicos de las leyes observables de la mecánica cuántica. Así lo manifiesta Heisenberg:

“Poco a poco fuimos por tanto haciéndonos a la idea de que el cuadrado de la función de ondas –que, por lo demás, no era la función de

---

<sup>27</sup> A. RIOJA, “Los orígenes del principio de indeterminación”, *Theoria* 10 (1995) 117-143.

ondas en el espacio tridimensional, sino en el espacio de configuración- significaba la probabilidad de algo. Con este dato, regresamos al electrón en la cámara de niebla. ¿No sería que habíamos planteado la pregunta impropia? Recordé que Einstein me había dicho: ‘Es siempre la teoría la que decide lo que se puede observar’. Tomado en serio, significaba que no había que preguntar: ¿cómo podemos representar la trayectoria del electrón en la cámara de niebla?, sino ¿no será que en la naturaleza sólo se dan aquellas situaciones que pueden representarse en la mecánica cuántica o en la mecánica ondulatoria?”<sup>28</sup>.

Y más adelante, en el mismo texto:

“Volviendo la pregunta al revés, se veía de inmediato que esa trayectoria del electrón en la cámara de niebla no era una línea infinitamente delgada, con posiciones y velocidades bien nítidas; la trayectoria era en realidad una sucesión de puntos que no estaban bien definidos por gotitas de agua, como tampoco lo estaban las velocidades. De manera que planteé sencillamente la siguiente pregunta: si de un paquete de ondas queremos saber tanto la velocidad como su posición, ¿cuál es la máxima precisión que podemos obtener, partiendo del principio de que en la naturaleza sólo se dan aquellas situaciones que cabe representar en el esquema matemático de la mecánica cuántica? La tarea matemática era muy sencilla y el resultado fue el principio de incertidumbre, que parecía ser compatible con la situación experimental”<sup>29</sup>.

Dentro de este marco teórico, Weizsäcker formuló una teoría física a la que denominó *Ur-Theorie*, que es la estructura noética a la que la definió de este modo:

“La *Ur-Theorie* se basa en dos suposiciones fundamentales: 1. Las predicciones de la ciencia empírica pueden reducirse a unidades más pequeñas, las alternativas binarias, y permitir una descomposición de los estados espaciales en los átomos de la información (información - atomismo teórico). 2. El espacio de Hilbert de dos dimensiones, permite a un grupo de simetría representar un espacio

---

<sup>28</sup> W. HEISENBERG, *Philosophical problems of quantum physics*, p. 32.

<sup>29</sup> W. HEISENBERG, *Philosophical problems of quantum physics*, p. 32.

tridimensional. Matemáticamente, esto es la relación conocida entre espinores y tensores<sup>30</sup>.

La *Ur-Theorie* no se basa ya en el determinismo clásico, sino en el carácter probabilista de la mecánica cuántica; este carácter probabilístico, digámoslo de nuevo, no es una condición gnoseológica del sujeto cognoscente, sino *una propiedad esencial de la naturaleza* y la razón de ello según Weizsäcker es *el carácter temporal de la naturaleza*. La estructura del tiempo (pasado-presente-futuro) es la condición de posibilidad tanto de la experiencia y de la formulación de las leyes físicas, como así también su carácter irreversible, revelado en principio en la segunda ley de la termodinámica como lo había visto ya Ludwig Edward Boltzmann.

Todo el planteamiento de Weizsäcker es subsumido por la noción de complementariedad de Niels Bohr, según la que el sistema observado y el observador son lógicamente inseparables a nivel cuántico. Ésta es la característica central de la interpretación dominante y ortodoxa de la mecánica cuántica, llamada comúnmente la interpretación de Copenhague<sup>31</sup>, pero no es la única. La discrepancia crucial entre las diversas corrientes interpretativas de la mecánica cuántica se refiere al significado físico que debe atribuirse a la función de onda  $\Psi$ . Según la interpretación de Weizsäcker, *el vector estado ofrece una descripción completa del estado de una partícula individual*, dentro del espacio de Hilbert. Ésta interpretación es explícitamente apoyada por Bohr, Heisenberg, Born y Dirac.

#### *La relativización del a priori kantiano según Heisenberg y Weizsäcker*

El problema del *a priori*, tal como lo menciona Heisenberg, cobró mayor relevancia a causa de la discusión que tuvo lugar en Leipzig en 1930 cuando

---

<sup>30</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *The Structure of Physics*, p. xxi.

<sup>31</sup> Por "Interpretación de Copenhague" entendemos las reflexiones que Niels Bohr y Werner Heisenberg, apoyados por otros físicos como Max Born, Wolfgang Pauli, Paul Dirac, Pascual Jordan, Hendrik Kramers, etc., hicieron acerca del sentido, validez, alcance y significado físico y gnoseológico de la teoría cuántica, que en buena parte ellos mismos habían desarrollado durante el primer cuarto del siglo XX. La salida a la luz pública de esta interpretación tuvo lugar en congresos de físicos teóricos celebrados en Como (Italia) en 1927 y en Bruselas (Bélgica) en 1927 y 1930, y la difusión a través de conferencias, artículos y libros de estos autores y muchos otros a partir de esas fechas. En nuestro caso, la investigación se centra en un grupo más reducido: Bohr, Heisenberg y Weizsäcker.

la filósofa Grete Hermann fue a confrontar su posición filosófica con la de Heisenberg y Weizsäcker:

“Grete Hermann, vino a Leipzig para discutir con los físicos atómicos acerca de las afirmaciones filosóficas de éstos, afirmaciones de cuya falsedad en principio estaba firmemente convencida.[...] Grete Hermann creía poder demostrar con este grado de precisión que la forma que Kant había dado al principio de causalidad era algo incontrovertible, y, como la nueva mecánica cuántica ponía en tela de juicio –al menos en cierta medida– esta forma kantiana de la ley de la causalidad, la joven filósofa estaba decidida a llevar la lucha hasta el final”<sup>32</sup>.

Tanto Heisenberg como Weizsäcker hicieron comparaciones entre sus tesis y la filosofía de Kant<sup>33</sup>. En una primera consideración, podemos afirmar que ellos no están tan lejanos, dado que también piensan que espacio y tiempo, como formas de la intuición, no corresponden necesariamente a ningún *en sí* de los objetos, y lo mismo ocurre con los vínculos que categorías tales como la causalidad establecen para lograr la síntesis de lo diverso. La diferencia está según ellos en que Kant quería canonizar una visión del universo sin fisuras, mientras que los cuánticos se enfrentan con una naturaleza en la que las fisuras están omnipresentes. Esta naturaleza, sin embargo, tiene principios de unidad que de ningún modo surgen de las categorías y formas de intuición que reconocemos como nuestras. De este modo, y desde esta perspectiva, nuestros autores no hacen ni pretenden hacer lo que Kant se propuso: *el tránsito de los principios metafísicos de la ciencia natural a la física*.

En un primer enunciado provisional y general, podemos afirmar que la similitud con Kant consiste en que tanto Heisenberg como Weizsäcker sostienen que hay un conocimiento *a priori* de la ciencia a partir del que se establecen sus condiciones de posibilidad con respecto a la mecánica cuántica; y la diferencia está dada por la afirmación de la imposibilidad de una síntesis plena de lo diverso en la intuición, que lleva al descubrimiento de que, a pesar de todo, el conocimiento de la realidad es posible, tanto para Heisenberg como para Weizsäcker.

---

<sup>32</sup> W. HEISENBERG, *Philosophical problems of quantum physics*, pp. 146-147.

<sup>33</sup> Cf. W. HEISENBERG, *Philosophical problems of quantum physics*, pp. 147-155.

Esto hace que la actitud de fondo de ambos autores pueda encuadrarse en el realismo, un realismo que trasciende los conceptos de la física y de las mismas formas de la sensibilidad. Así parece desprenderse de la descripción que hizo Heisenberg del sentimiento que lo embargó cuando, en junio de 1925, realizó en la isla de Helgoland el decisivo hallazgo de la mecánica matricial:

“Tenía el presentimiento de que a través de la superficie de los fenómenos atómicos miraba hacia un fondo subyacente de una belleza interior fascinante, y casi perdí el sentido al pensar que ahora tenía que ir tras esa multitud de estructuras matemáticas que la naturaleza había abierto ante mí”<sup>34</sup>.

La primera referencia a la filosofía kantiana fue un artículo que Heisenberg presentó en 1928 titulado “Los problemas epistemológicos de la Física Moderna”, poco después de su nombramiento como profesor en Leipzig. Allí presentó una crítica de la filosofía kantiana desde la perspectiva de la evolución reciente de la física moderna. Heisenberg declaró que la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica han transformado radicalmente la física en las últimas tres décadas y, al hacerlo, habían hecho problemática la distinción de Kant entre conocimiento *a priori* y *a posteriori*.

En el artículo mencionado, Heisenberg consideró lo siguiente: en primer lugar y teniendo en cuenta que, para Kant, los axiomas de la geometría euclidiana son juicios sintéticos *a priori*, y en esta medida condición necesaria y universal para la posibilidad de la experiencia, Heisenberg puso de relieve que la teoría general de la relatividad de Einstein había demostrado que ese espacio no es euclidiano. Del mismo modo también, en segundo lugar, Heisenberg hace notar que la mecánica cuántica había dado un duro golpe a la visión de la causalidad de Kant como condición *a priori* para la posibilidad del conocimiento. Este, a su vez, fue el tema central de la conferencia de Heisenberg acerca de la “Ley de causalidad y la Mecánica cuántica”, leída en Königsberg en 1930, en la que sostenía que la mecánica cuántica nos obliga a abandonar el principio de causalidad en el sentido kantiano<sup>35</sup>. En tercer lugar, por último, la mecánica cuántica –afirma Heisenberg siguiendo a Niels Bohr– no nos permite describir el objeto independientemente de su interacción con

---

<sup>34</sup> Cf. W. HEISENBERG, *Philosophical problems of quantum physics*, p. 19.

<sup>35</sup> Cf. W. HEISENBERG, „Die Kausalgesetz und Quantenmechanik” *Erkenntnis* 2 (1931) 172-182.

el aparato de medición existente en el espacio y el tiempo, y en esa medida ha demostrado que la idea clara de una separación entre sujeto y objeto en la que se basa la epistemología kantiana es falsa. Esta misma perspectiva seguirá el planteamiento de Weizsäcker.

Para Weizsäcker, al preguntarnos sobre la esencia y las fuentes de la experiencia, constatamos que aun el juicio más sencillo de experiencia implica afirmaciones cuyo contenido no hemos experimentado ni podemos experimentar jamás por completo. *Lo εμπειρικός no es posible sin elementos no empíricos.*

“¿Cómo es posible la teoría? Nunca se sigue de la experiencia con necesidad lógica. ¿Qué pasará si el futuro no se sigue con necesidad lógica de las leyes que se han demostrado en el pasado? ... ¿Cómo se justifican estas predicciones, mientras que los resultados previstos están todavía en el futuro? A esta pregunta de Hume, Kant responde que lo esencial, la comprensión general de las leyes de la física, siempre se demuestra en la experiencia, porque ellas expresan las condiciones necesarias para la experiencia. Vamos a adoptar esta idea de Kant, no como una certeza, sino como una *conjetura heurística*. Vamos a averiguar hasta dónde nos llevará. La experiencia se desarrolla en el tiempo, de ahí procede la idea de probabilidad, que la entendemos como pronóstico. Interpretamos la teoría cuántica como una teoría general de las predicciones probabilísticas relativas al individuo, alternativas empíricamente decidibles. Remarcamos que se derivan de esa interpretación de la teoría cuántica tanto la tridimensionalidad del espacio como la teoría de la relatividad. La física es así tan generalmente válida como las alternativas separables, es decir, la divisibilidad de nuestro conocimiento en forma individual decidible por sí o por no. Esta es la base de su éxito y al mismo tiempo lo que define los límites de su verdad”<sup>36</sup>.

Veamos la interpretación que Weizsäcker hace de Kant. Nuestro conocimiento comienza, ciertamente, *con* la experiencia, pero no todo el conocimiento brota *desde* la experiencia. Se dan, más bien, conocimientos *a priori*, esto es, conocimientos cuya justificación no surge de la experiencia. ¿Cómo se puede demostrar que se dan efectivamente tales conocimientos y cómo se puede comprender que se puedan dar?

---

<sup>36</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Aufbau der Physik*, p. 21.

*A priori* son, según Kant, todos los conocimientos a los que corresponde necesidad y universalidad.

“La experiencia nos enseña, en verdad, que algo está constituido de esta manera o de la otra, pero no que ello no pudiera ser de otro modo. Por tanto, si se encuentra, en primer lugar, una proposición que sea pensada *al* mismo tiempo que su necesidad, entonces éste es un juicio *a priori*... En segundo lugar, la experiencia nunca da a sus juicios universalidad verdadera o rigurosa, sino sólo supuesta y comparativa (por inducción), de suerte que propiamente se debe decir: en tanto se extienden nuestras percepciones hasta ahora, no se encuentra ninguna excepción de esta o aquella regla. Si un juicio es pensado con rigurosa universalidad, es decir, de modo que no pueda presentarse excepción alguna como posible, ya no es derivado de la experiencia, sino absolutamente válido *a priori*”<sup>37</sup>.

El conocimiento *a priori* es, según Kant, *la condición de posibilidad del conocimiento empírico*. Este es el elemento de nuestro conocimiento que procede, no de las cosas, sino de nuestra propia facultad cognoscitiva. Kant constituye, por tanto, en objeto de investigación aquello que nosotros aceptamos normalmente sin crítica como conocimiento empírico o ciencia empírica, y mina así de hecho el suelo sobre el que descansa el contraargumento empirista.

Si nos preguntamos cómo demuestra Kant la necesidad del conocimiento *a priori* para la consecución de la experiencia, nos vemos remitidos según Weizsäcker al razonamiento que afirma sencillamente la existencia del conocimiento *a priori*. Kant investiga cuál de las intuiciones, los conceptos y los juicios que constituyen nuestro conocimiento es *a priori según su criterio de necesidad y universalidad*, y sólo entonces muestra que sin estos conocimientos *a priori* no pueden subsistir los otros. Pero, para Weizsäcker, Kant no indica en concreto cómo es posible propiamente la fundación del conocimiento empírico sobre el apriórico.

Ahora bien, ¿qué conocimientos son *a priori* para Kant? *A priori* son, ante todo, los juicios analíticos, cuyo predicado no expresa nada más que lo que ya está pensado en el concepto del sujeto. *A priori* son, además, las formas de la intuición sensible, el espacio y el tiempo; las categorías del entendimiento,

---

<sup>37</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Zum Weltbild der Physik*, p. 100.

entre las cuales se encuentran los conceptos de substancia y causalidad, tan importantes para la física; por último, innumerables juicios sintéticos, especialmente los axiomas de la aritmética y de la geometría (euclidiana).

*Lo importante es que los juicios de la física son juicios a priori para Kant.* Weizsäcker lo explica en el siguiente texto, que, aunque es extenso, merece nuestra atención:

“En esta cuestión se manifiesta una evolución en las opiniones de Kant. En la *Crítica de la razón pura* se nombran algunos principios básicos –por ejemplo, el de la conservación de la materia, de la inercia, de la igualdad de acción y reacción– como pertenecientes a una física ‘pura’, es decir, no empírica. En los *Fundamentos metafísicos primarios de la ciencia de la naturaleza* se introduce, también como un *a priori*, la ley de gravitación. Y en el *Opus postumum* esta tendencia llega tan lejos, que se puede dudar si no debieran valer como *a priori*, en el modo actual de hablar, *todos los principios de la física clásica*. La inseguridad que se exterioriza en esa evolución se puede mirar como la consecuencia de la falta de claridad que acabamos de notar sobre la conexión del conocimiento *a priori* con el empírico. La idea del conocimiento *a priori* tiene secuelas profundas respecto a la doctrina del objeto del conocimiento. Kant parte de un modo de pensar puramente realista. El habla de cosas u objetos que afectan a nuestro ánimo mediante la facultad receptiva llamada sensibilidad, y que producen sensaciones. Ese saber que nosotros poseemos *a priori* no es, por consiguiente, *per definitionem*, una consecuencia de este influjo de las cosas sobre nuestro ánimo, por más que se nos haga consciente. Como este saber no procede, por tanto, de las cosas, no se puede tampoco deducir por él nada respecto a las cosas. Así, por ejemplo, el espacio es una forma necesaria de nuestra intuición externa, pues nosotros no podemos representarnos objetos de otro modo que dentro del espacio. Pero justamente porque sabemos esto *a priori*, no podemos haberlo tomado por experiencia de los objetos, y así no podemos atribuir con razón la espacialidad a los objetos tal como ellos son en sí”<sup>38</sup>.

---

<sup>38</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Zum Weltbild der Physik*, p. 101.

En contraposición a lo anteriormente citado, para Weizsäcker, el físico moderno investiga las cosas del mundo exterior y adquiere conocimiento de ellas sólo mediante la experiencia sensible. De este modo, todo conocimiento que recibimos de las cosas es intuitivo –en el sentido de Heisenberg– y este conocimiento tiene un ordenamiento causal. Pero esto lo sabemos independientemente de cada experiencia sensible porque tanto la intuibilidad como la causalidad tienen su sentido exacto en el sistema conceptual de la física clásica. A este saber, Weizsäcker lo denomina *a priori* porque el físico sabe que tiene que formular toda experiencia en el lenguaje de la física clásica, esto es de *facto* algo *a priori*. Y esto lo podemos ver en los experimentos del dualismo mecánico cuántico, pues ellos establecen el fundamento para una teoría no clásica a base de los resultados de medición interpretados clásicamente. Esta formulación tiene sentido sólo en el marco teórico de la complementariedad propuesta por Bohr.

Ahora bien, existe en las cosas algo que investigar que no nos es dado directamente a nuestra experiencia sensible; por ejemplo, las partículas de que se componen las cosas. ¿Cómo podemos experimentar algo de los átomos? En último término, dice Weizsäcker, sólo por percepción sensible, es decir, en el lenguaje de la física clásica. Precisamente porque podemos saber *a priori* que sólo podemos aprehender directamente del átomo aquellos efectos que podemos representar clásicamente, es por ello que no tenemos una razón empírica para concluir que los mismos átomos, en tanto que no son observados, tendrán que sujetarse a las leyes de la física clásica. La física clásica aduce el modo y la manera en que el átomo puede hacer su aparición, y justamente por eso nada enuncia sobre el átomo en sí.

Aun al formar así el concepto de un átomo en sí, se nos deshace nuevamente entre las manos. Sobre el átomo en sí no sabe nada la física clásica por experiencia. Esto es lo que aprovecha la mecánica cuántica para salir al paso de esta aparente contradicción en la experiencia. Imagen corpuscular y ondulatoria se contradicen entre sí cuando se interpretan los fenómenos observados como propiedades en sí de partícula y de onda existentes. La contradicción desaparece si se aplican los conceptos intuitivos de partícula y onda como objetos cuánticos. De este modo, el concepto de átomo en sí tiene, por tanto, solamente la significación negativa de demostrar qué clase de conceptos no se debe introducir en la física.

La mecánica cuántica nos muestra que no hay una frontera fija entre las cosas de las que tenemos experiencia y las cosas de las que no tenemos experiencia. Nosotros forzamos al átomo a aparecer precisamente por medio del experimento. En la doctrina de Kant, falta el analogado respecto a la forma

de enlace lógico de la complementariedad, es decir, de los medios auxiliares experimentales, necesarios para la producción de un fenómeno determinado, que hace imposible la presentación de otros fenómenos. Y esto se debe, según Weizsäcker, al “hecho de que Kant no tiene en cuenta el papel de la voluntad en la construcción del mundo empírico”<sup>39</sup>. La complementariedad permite establecer la conexión entre los fenómenos del mundo atómico no conforme al modelo del átomo en sí, pero sí de modo designable concretamente por el módulo de la función de onda  $|Y|^2$ . Así surge una física no clásica de los átomos, que no niega, sin embargo, el carácter apriorístico de la física clásica, sino que lo presupone.

¿Qué podemos concluir de esta comparación con la filosofía de Kant? Para Weizsäcker, los conceptos *a priori* pensados en forma absoluta y fija por Kant sólo tienen un carácter de *relación*. En este sentido, las *aprioridades* (espacio, tiempo, causalidad) de los conceptos de la física clásica son el presupuesto metódico, en cuanto que la experiencia debe ser descrita con conceptos clásicos, pero estas *aprioridades* no son el contenido de la mecánica cuántica, llevando a que sean limitadas en su aplicabilidad. Esto quiere decir que no hay experiencia científica que no se dé dentro del marco espacio-temporal, ni tampoco sin su referencia causal en el experimento. Pero se muestra que no es posible un nexo universal de todas las experiencias en un modelo clásico, y que nosotros mismos tenemos que elegir donde queremos crear, por verificación experimental, conexiones clásicas y dónde no. En este punto, nos damos cuenta del hecho de que la ciencia natural no es la naturaleza en sí, sino una parte de la relación entre el hombre y la naturaleza.

## 2. La epistemología de Weizsäcker

La unidad de la física se convierte explícitamente en el programa de investigación de Weizsäcker. Este programa supone que la física evoluciona mediante teorías cerradas, hasta llegar a una última. Su tesis principal es que *esta teoría final física discutiría nada más que las condiciones de la posibilidad de experiencia*, es decir, *la experiencia que ha hecho posible el desarrollo de la física*. En este sentido, Weizsäcker sigue los pasos de Kant, pero diríamos de modo relativo, porque desde su punto de vista las condiciones de posibilidad no pueden ser conocidas *a priori* y esto implica serias contradicciones si queremos analizarlo desde la

---

<sup>39</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Zum Weltbild der Physik*, p. 178.

perspectiva kantiana. Recordemos que estos *a priori* para Weizsäcker son sólo conocidos en el curso de los progresos efectivamente realizados por la física.

En la epistemología de la doctrina trascendental de Kant están los principios constitutivos que establecen las condiciones *necesarias y suficientes* para que un objeto sea posible de experiencia. Estos principios conforman un sistema de *juicios sintéticos a priori* que determina los límites de la experiencia. Así, todo objeto empírico debe satisfacer estos principios para poder ser objeto. Estos principios son las condiciones de la objetividad de todos los objetos empíricos. Siguiendo a Kant, estos principios son el resultado de la aplicación de las categorías a la multiplicidad espacio-temporal.

Esta aplicación es la que nos permite alcanzar el conocimiento de un objeto a partir del dato sensible. Se trasciende por medio de esta aplicación la subjetividad de las percepciones y se constituye a la experiencia en un conocimiento objetivo. Por tal motivo, los principios en cuestión se denominan principios constitutivos de la experiencia. Además, están los principios regulativos que no garantizan la objetividad de la experiencia, sino más bien posibilitan la unidad sistemática de ella. Mientras que los principios constitutivos expresan las condiciones de la constitución de nuestra experiencia como conocimiento objetivo, los principios regulativos establecen cómo debemos juzgar tales objetos empíricos si queremos obtener un conocimiento sistemático de ellos.

En el desarrollo epistemológico del programa de Weizsäcker no encontramos un tratamiento de estos principios kantianos ni tampoco un tratamiento de las distintas facultades de conocimiento, sino que nos encontramos con dos presupuestos y dos principios metodológicos. Los dos presupuestos son:

- a) *Todo nuestro conocimiento es histórico*, es decir, nuestro conocimiento de la verdad manifiesta el estado de nuestro conocimiento en ese periodo de tiempo, la verdad no es absoluta sino relativa.
- b) *Nuestro pensamiento puede con éxito alcanzar la unidad*, en este sentido es una tarea finita.

Para poder desarrollar estos dos presupuestos son necesarios dos principios metodológicos.

- a) *El principio de reflexión*: En el desarrollo de una teoría, se debe hacer el máximo uso del significado de los conceptos, tal como han sido entendidos con anterioridad, conceptos sin los cuales no hubiera sido posible, incluso, formular la pregunta que la teoría tenía la intención de responder. Comparado con Kant, sería lo más próximo a un *a priori*: aquí podríamos colocar tanto los principios constitutivos y regulativos como las categorías.

b) *El principio de homogeneidad* que exige que una ley de la naturaleza sea lo más universal posible, que correspondería a la teoría general de los objetos.

*El principio de reflexión* nos permite hacer uso del significado de los conceptos, esto es, cómo fueron entendidos con anterioridad en una teoría física. En este principio se englobaría tanto a los principios constitutivos como los regulativos y las categorías. Para Weizsäcker, el significado de un concepto se entiende *a priori* sólo en un sentido relativo y no absoluto como en Kant. Es decir, en el conocimiento de la naturaleza una teoría cerrada tiene muchos más conceptos presupuestos como *a priori* con respecto a una teoría cerrada posterior. Por lo cual, el carácter histórico del conocimiento humano y su teorización es una respuesta negativa a un apriorismo del tipo kantiano, en el sentido que no hay conceptos *a priori* absolutos.

Asumir que el conocimiento humano es básicamente histórico (circularidad), no implica que la propuesta de Weizsäcker sea relativista, dado que para Weizsäcker cada teoría física, en cuanto que es una teoría cerrada, es verdadera dentro su ámbito de validez, independiente del momento histórico en que fue descubierta. Siguiendo la misma línea de argumentación de que el conocimiento humano es histórico, lo que nos queda es entrever hasta dónde nos puede conducir esta hipótesis. En nuestro caso, al aplicarla a la historia de las ciencias naturales –tal vez el único caso en que se puede hacer según Weizsäcker– la hipótesis sugiere que poco a poco nos acercamos a una teoría física unificada de la naturaleza. Para llevar a cabo su plan de unificación, Weizsäcker intenta clasificar las leyes de la física en dos grupos: el primero reúne a las leyes del espacio-tiempo y el segundo reúne a las leyes que definen la existencia de los objetos y las fuerzas. El primero puede subdividirse en otros tres grupos<sup>40</sup>:

- 1a) Las leyes de la geometría física en el espacio euclidiano en el que el movimiento no relativista clásico y cuántico pueden describirse mediante la adición lineal de la coordenada de tiempo.
- 2a) Las leyes de la relatividad especial definidas a partir de las coordenadas espacio-temporales en la simetría del grupo de Poincaré.
- 3a) Las leyes de la relatividad general en el espacio Riemann de la que (1) y (2) son casos límite.

El segundo grupo de leyes especiales pueden subdividirse en otros dos:

---

<sup>40</sup> Cf. C. F. VON WEIZSÄCKER, "The preconditions of experience and the unity of physics", en P. BIERI et al. (ed.), *Transcendental arguments and science*, Dordrecht, Riedel, 1979, p. 147.

- 4b) La reducción de todo el objeto físico en una serie de partículas elementales con respecto a las leyes de interacción bien definidas.
- 5b) La deducción de los objetos básicos en la simetría de grupo.

Según Weizsäcker, estos son los pasos de una secuencia de teorías cerradas en el sentido definido por Heisenberg que se han dado en el desarrollo de la física hasta el presente y que pueden ser reducibles a la última etapa (5b), siempre y cuando las leyes de partículas elementales puedan ser definidas por el grupo de simetría. Como dijo Weizsäcker, "Por lo tanto podemos esperar deducir tanto la geometría física del grupo de simetría, así como los objetos que se mueven en el espacio de esta geometría"<sup>41</sup>.

Visto a la luz del trascendentalismo de Kant, la posición de Weizsäcker consiste en tomar la idea fundamental de Kant de las condiciones de posibilidad de la experiencia, pero sin comprometerse a ver estas condiciones como conocimientos *a priori* y fijas. Además, sólo encontramos estas condiciones en el curso de la experiencia y su sistema completo lo conoceremos recién cuando la física termine. En esto, Weizsäcker se apoya en la hipótesis de que la física tiene una tarea finita en el conocimiento de la naturaleza, como ya lo hemos mencionado. Pero, a la vez, esto implica reconocer que la física no será un conocimiento absoluto de la naturaleza, como lo quería Pierre Simon de Laplace.

Por lo cual, podemos caracterizar a la mecánica cuántica, tal como la pensaron Bohr, Heisenberg y Weizsäcker, en los siguientes términos. Por un lado, la mecánica cuántica es una ciencia que no pretende descubrir de modo absoluto cómo es la naturaleza *en sí*, como sí fue la intención de la física clásica. Pensar de modo contrario sería un error, es pedirle a la mecánica cuántica más de lo que ella nos puede dar a conocer con respecto a la naturaleza. Olvidar esto desde el punto de vista filosófico sería también un error.

Por otro lado, el conocimiento que nos da la mecánica cuántica de la naturaleza microfísica es *información* tanto en el sentido físico como gnoseológico. Es decir, las leyes físicas de la física cuántica de la naturaleza se formulan matemáticamente y no tratan a las partículas como son *en sí*, sino que nuestro conocimiento de estas leyes ya no representa el comportamiento de las partículas elementales, sino nuestro conocimiento de este comportamiento. Como este comportamiento es probabilístico, el comportamiento de la partícula no puede ser predicho por la teoría hasta que la medición haya sido hecha y, en este sentido, hay un elemento nuevo. Por ejemplo, qué orientación tendrá el

---

<sup>41</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, "The preconditions of experience and the unity of physics", p. 147.

espín de una partícula, que no puede ser predicho por la teoría, pero que está completado por la teoría. Y en este sentido es una novedad, una información, pero esta información no es algo que solamente podríamos denominar gnoseológica, sino que sucede realmente en el mundo cuántico, es ontológica.

Por lo tanto, entendemos por experiencia física el aprender del pasado para el futuro. Exponemos nuestras teorías a pruebas empíricas, es decir, tratamos de confirmar o refutar sus predicciones. De este modo, en la reflexión sobre el significado de la experiencia aparece el tiempo con su estructura pasado-presente-futuro, que para Weizsäcker puede ser una de las condiciones finales de la experiencia.

A partir de ahora la tarea trascendental consiste en la búsqueda de las condiciones de posibilidad de la experiencia, y puesto que en la búsqueda de esta tarea debemos hacer uso para nosotros del sentido ya inteligible del concepto de experiencia, primero tenemos que preguntar por este sentido. De acuerdo con Weizsäcker, *la experiencia, en todo caso significa que podemos aprender del pasado para el futuro*. Esto es lo que denomina Weizsäcker "la estructura del tiempo pasado, presente, y futuro"<sup>42</sup>.

Para nuestro autor, es la estructura del tiempo la que determina la estructura ontológica y epistemológica del mundo. El pasado está cerrado, las proposiciones sobre el pasado son por lo tanto verdaderas o falsas. El futuro está abierto, es el reino de lo posible y conocido fundamentalmente sólo con probabilidad, y en el presente se da la unión de pasado y futuro. Ahora bien, si desde el presente tenemos en cuenta el valor de verdad de lo que ha pasado y la probabilidad de lo acontecerá en el futuro como un nuevo punto de vista, la pregunta es qué teoría científica tiene en cuenta esta estructura temporal. La respuesta es: la mecánica cuántica, y específicamente en la interpretación de Weizsäcker de la mecánica cuántica, a diferencia de la física clásica que tenía como premisa fundamental el poder prescindir de la noción de probabilidad en sus predicciones. Es decir, considera las predicciones con respecto al futuro como afirmaciones contingentes; la leyes de la física clásica desde el punto de vista temporal son reversibles, su carácter predictivo vale lo mismo tanto para el futuro como para el pasado, salvo en la termodinámica. Por el contrario, en la mecánica cuántica, las proposiciones contingentes son el resultado de las mediciones realizadas. Por lo tanto, en la estructura matemática de la mecánica cuántica, según Weizsäcker, nos

---

<sup>42</sup> C. F. VON WEIZSÄCKER, *Aufbau der Physik*, p. 337.

volvemos a encontrar con una estructura dual que refleja la facticidad del pasado y la probabilidad de lo que está en el futuro y, en este sentido no es reversible, es decir, no se puede desde un acontecimiento futuro conocido probabilísticamente retrodecir el pasado.

### Conclusión

El proyecto de la unidad de la naturaleza propuesto por Weizsäcker consiste en la hipótesis de que alcanzaremos una teoría física general de la naturaleza, *un grupo de simetría*, que será una teoría cerrada según las características dadas por Heisenberg con una consistencia semántica que exprese las regularidades universales de todo lo objetivable, es decir, de todo acontecer físico que pueda ser puesto bajo alternativas empíricamente decidibles (la *Ur-theorie*), que será a su vez la condición de posibilidad de la objetivación de todo objeto físico. Esta hipótesis está sustentada en su afirmación ontológica de que hay una unidad en la naturaleza y que la ciencia debe manifestar esta unidad en el horizonte de la temporalidad.

Si admitimos que la física clásica es una condición previa de la mecánica cuántica también podemos admitir que las condiciones trascendentales de la física clásica, es decir, la intuición del espacio-tiempo y las categorías del entendimiento son requisitos formales de la mecánica cuántica. Por lo tanto, siguiendo a Bohr, Weizsäcker considera que las categorías y la intuición sensible tienen un campo limitado de aplicación y al mismo tiempo son necesarios para interpretar los resultados experimentales. No está de acuerdo en plantear otras formas de intuición de espacios no-dimensionales u otras formas de causalidad adecuadas a la situación de la mecánica cuántica, como lo propone Cassirer<sup>43</sup>.

El enfoque de Weizsäcker muestra que la frontera entre la razón teórica y razón práctica no es tan rígida como en el sistema kantiano, ya que es el observador mediante un acto de libertad define el tipo de descripción teórica que se utilizará en la práctica experimental de laboratorio. Es decir, cada propuesta semántica también es el resultado de un acto de voluntad del observador. La diferencia entre la física clásica y la mecánica cuántica es que en la física clásica se puede establecer el objeto sin referencia al estado subjetivo de conocimiento. Por lo cual, en la mecánica cuántica la justificación de las leyes de la experiencia descansan tanto en la perspectiva trascendente de las leyes generales

---

<sup>43</sup> Cf. C. F. VON WEIZSÄCKER, *The unity of nature*, New York, Farrar Straus, 1980, p. 343.

como en las condiciones físicas mediante la cual se hizo el experimento. No tenemos forma de separar de un modo claro el sujeto observador y el objeto. No hay forma de salir de esta ambigüedad en el planteo de Weizsäcker.

*¿Tenemos, entonces, dos mundos inconmensurables que segmentan en dos al realismo: el mundo clásico con su realismo clásico y el mundo cuántico con su realismo cuántico?* La respuesta es no. No hay una diferencia ontológica, sólo epistemológica, entre lo clásico y lo cuántico. Si la inconmensurabilidad es estrictamente epistémica y no ontológica, entonces no hay realismo disyuntivo, y cuando se habla de *realismo cuántico* es sólo por oposición a la *concepción* clásica de realidad y de objetividad. El llamado *realismo clásico* supondría aceptar el realismo de las propiedades espacio-temporales, ya que sobre ellas se sostiene y, sin embargo, son fenoménicas y no existen con independencia de la observación del proceso de medición en la mecánica cuántica. Este realismo clásico es una *idealización* de las condiciones cuánticas que son las *reales*. Se trata de una ilusión, la cual si no puede ser erradicada del todo, sí, puede, al menos, ser descubierta, desvelada, *sacada a la luz*, para no enredarnos entre sus mallas.

Por último, asumiendo el planteo hipotético de Weizsäcker nos encontramos con el problema de que Weizsäcker no nos puede garantizar que llegaremos a una teoría final y que esta sea un grupo de simetría. Esta crítica ya ha sido hecha por Jürgen Habermas<sup>44</sup>, Patricia Kauark-Leite<sup>45</sup> y Hernán Pringe<sup>46</sup> entre otros, pero su consideración escapa al desarrollo de este trabajo.

César Fabián ÁVILA

Recibido: 08/01/2015 - Aceptado: 27/02/2016

---

<sup>44</sup> Cf. J. HABERMAS, *Conocimiento e interés*, Buenos Aires, Taurus, 1968, pp. 305-306.

<sup>45</sup> Cf. P. KAURK-LEITE, *Vers une critique de la raison quantique: les approches transcendantes en mécanique quantique*, Paris, Centre de Recherche en Epistémologie Appliquée, École Polytechnique, 2004, pp. 397-398.

<sup>46</sup> Cf. H. PRINGE, *Critique of the quantum power of judgment*, p. 227.