



## La noción de causalidad en el de Broglie de 1952

### De Broglie's notion of causality in 1952

### A noção de causalidade na obra de Broglie de 1952

DOI: 10.20873/rpv7n2-49

**María de Paz**

Orcid ID: 0000-0003-3703-4477

Email: mdepaz3@us.es

#### Resumen

Este artículo comenta una conferencia de Louis de Broglie de 1952 en la que se replantea sus ideas iniciales sobre la mecánica cuántica. Defenderemos la tesis de que, en ese trabajo, pese a la referencia al indeterminismo, el objetivo del físico francés es presentar una interpretación causal de esta teoría y no poner de manifiesto su indeterminismo. Así, analizaremos la noción de causalidad que presenta con el objetivo de separarla del determinismo. Estructuraremos la noción presentada por de Broglie en tres partes y la conexión entre las mismas. Para separar causalidad de determinismo utilizaremos una definición no restrictiva de esta noción y presentaremos los problemas que tiene la noción de causalidad utilizada por de Broglie. Finalmente, defenderemos una interpretación de las ideas de de Broglie más como una concepción filosófica que científica y ofreceremos alternativas filosóficas a la misma.

#### Palabras clave

Mecánica cuántica. Indeterminismo. Causalidad. Dualidad onda-corpúsculo.

#### Abstract

This paper comments a conference pronounced by Louis de Broglie in 1952 in which he restated his initial ideas on quantum mechanics. I will defend the thesis, that, in this work, despite the reference to indeterminism, the aim of the French physicist is to present a causal interpretation of this theory and not to reveal its indeterminism. Thus, I will analyze the notion of causality presented in the conference in order to distinguish it from determinism. I will structure the notion presented by the Broglie in three parts and I will show the connection between them. In order to distinguish causality from determinism, I will use a non-restrictive definition of this notion and I will present the problems that the notion of causality used by de Broglie has.

Finally, I will defend an interpretation of de Broglie's ideas more as a philosophical than as a scientific conception and I will offer philosophical alternatives to it.

**Keywords:** Quantum mechanics. Indeterminism. Causality. Wave-corpuscle duality.

## 1. Introducción

En 1952 Louis de Broglie pronuncia una conferencia bajo el título *La physique quantique restera-t-elle indéterministe?*<sup>1</sup>. En ella, ofrece un análisis histórico de la mecánica cuántica desde el descubrimiento del cuanto de acción hasta el desarrollo de la interpretación de Copenhague y expone el motivo que le hizo repensar su posición respecto de esta teoría: la posibilidad de encontrar una interpretación determinista de la misma (de Broglie, 1987, 290). No se trata de exponer aquí la historia de la mecánica cuántica y su carácter esencialmente indeterminista para la interpretación ortodoxa o interpretación de Copenhague. Tan sólo es preciso recordar que de Broglie trató de ofrecer una teoría que no se separase tanto de las concepciones clásicas de la física como lo hacía la interpretación estándar, pero la abandonó debido a las numerosas objeciones que le fueron opuestas, principalmente por parte de Pauli en el Congreso Solvay de 1927 (de Broglie, 1987, 301). En 1951 de Broglie tiene conocimiento por primera vez de la existencia de una teoría alternativa a la mecánica cuántica que retoma sus concepciones de 1927 y las completa resolviendo algunas dificultades. Ésta es la teoría de David Bohm, la mecánica bohmiana, también considerada como una interpretación causal de la mecánica cuántica (cf. Bohm y Hiley 1993). Este hecho hizo que de Broglie reconsiderase su postura y escribiese el artículo que aquí analizamos.

Si bien el texto plantea la idea de recuperar una concepción determinista de los fenómenos físicos, lo que el presente artículo pretende discutir es que el auténtico problema abordado por de Broglie no consiste en poner de manifiesto el carácter indeterminista de la mecánica

---

<sup>1</sup> Conferencia pronunciada en el Centre International de Synthèse el 31 de octubre de 1952 y publicada con el mismo título en la *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, 1952, Tome 5 n°4, 289-311.

cuántica, sino en mostrar que ésta tiene un intrínseco carácter a-causal y, por tanto, considerar la posibilidad de recuperar una interpretación causal. Así, al examinar la demostración de von Neumann (von Neumann 1955) respecto de la incompatibilidad de la mecánica cuántica con una teoría de variables ocultas, afirma:

la demostración de von Neumann pretende prohibir toda interpretación de distribuciones de probabilidad de la mecánica ondulatoria por una *teoría causal* de parámetros ocultos. (de Broglie, 1987, 306, subrayado nuestro)

El argumento fundamental en apoyo de esta tesis es el hecho de que de Broglie quiere recuperar una descripción espacio-temporal de los fenómenos de la mecánica cuántica y, según vamos a mostrar, esto refiere al problema de la causalidad y no necesariamente a la cuestión del determinismo.

## 2. Causalidad y determinismo

De Broglie es un heredero de las concepciones de la física clásica (cf. de Broglie 1987, 296), se forma en ellas dada la época en la que vive y, asimismo, asiste al nacimiento de la mecánica cuántica. Dentro de su formación clásica puede justificarse la posición que manifiesta en el texto en lo referente a la causalidad: de Broglie une causalidad y determinismo como si de un solo concepto se tratase. Hoy sabemos que esto no ha de ser necesariamente así, como lo ponen de manifiesto diferentes teorías acerca de la causalidad. Es decir, la causalidad es una cuestión demasiado amplia como para considerar sólo el modelo determinista. Para ver esta diferencia, es preciso, quizá definir estos dos conceptos.

El determinismo en sentido laplaciano (su sentido clásico y más radical), consiste en la posibilidad de predicción por el cálculo o la ley matemática. De un modo más actual, podríamos decir que el determinismo en sentido físico (el que aquí nos ocupa), consiste en que dadas las condiciones iniciales de un sistema físico en el espacio y en el tiempo, es posible predecir con certeza (esto es, con probabilidad igual a la unidad) su evolución temporal en el espacio. O, dicho de otro modo: conocidas las condiciones iniciales podemos conocer el estado subsiguiente del sistema en cualquier instante futuro.

Es cierto que para Laplace causalidad y determinismo van unidos, y que esto puede verse en el principio del determinismo causal exacto que viene a decir que, dadas las mismas causas, se dan los mismos efectos (Laplace 1985), es decir, establece una idea de necesidad en la relación de eventos, tal y como afirma Born (1949). Pero hoy sabemos que este planteamiento no es necesariamente verdadero, y que el determinismo causal no es una postura absoluta. Tal y como afirma Born (1949, 5) “el concepto de causalidad está fuertemente vinculado al de determinismo, pero no son idénticos”. Cabe, por tanto, proporcionar una noción de causalidad que no esté indisolublemente ligada al determinismo. Queremos abogar por una definición lo menos restrictiva posible para mostrar claramente la separación entre causalidad y determinismo. Podría definirse la causalidad como una relación de al menos dos eventos o procesos<sup>2</sup>, de tal modo que uno *produce* el otro en algún sentido. La noción de producción<sup>3</sup> es preciso entenderla aquí al modo cotidiano, es decir, en el sentido en que cuando decimos que un caballo tira de un carro queremos que esto signifique que la fuerza ejercida por el caballo *produce* el movimiento del carro.

Definidas las nociones de causalidad y determinismo, se ve claramente que no *significan* lo mismo y, por tanto, no están auto implicadas. Pues, aunque bajo el determinismo podemos establecer las causas a partir de los efectos –siempre que haya una ecuación lineal que describa el estado del sistema–, no estamos autorizados a suponer que todo sistema en el que se establece una relación causal, tenga que ser un sistema determinista, dado que no hay nada en la noción de causa que presuponga tal afirmación. Igualmente, en un sistema determinista se pueden predecir eventos sin necesidad de establecer una relación causal, sino simplemente a partir de correlaciones temporales.

Como ya hemos dicho, la causalidad se define aquí en un sentido muy amplio. Este no es el sentido que utiliza de Broglie en el texto. Su noción es mucho más restringida: es una causalidad en sentido físico, cartesiana y que respeta la validez del marco espaciotemporal (de Broglie, 1987, 87). Vamos a analizarla con más detalle.

---

<sup>2</sup> En este punto compartimos las ideas de W. Salmon (1994) cuando aboga por la noción de proceso frente a evento, debido a que supone mayor duración espaciotemporal.

<sup>3</sup> Utilizamos esta noción en el mismo sentido que Salmon (1994).

1. *Causalidad en sentido físico*: implica que la influencia causal puede transmitirse sólo por referencia a la acción de un objeto físico. Requiere, por tanto, una transmisión material, ya sea bajo la actuación de energías o de cualquier otro proceso físico que podamos imaginar y justificar mediante las leyes de la física.  
Quedan fuera, por tanto, todo tipo de teorías que no requieran la existencia de objetos físicos para transmitir la influencia causal. Por ejemplo, las teorías contrafácticas.
2. *Causalidad cartesiana*: es de sobra conocida la filosofía mecanicista de Descartes, y su aplicación de ésta a la filosofía natural (cf. Descartes 1995). En la mecánica cartesiana no hay distinción entre ser natural y ser fabricado y, por tanto, lo mecánico es natural y lo natural es mecánico. De este modo, las mismas reglas han de regir esos ámbitos y, en consecuencia, la filosofía natural, esto es, la física, será mecánica.  
El mecanicismo se caracteriza por el credo que afirma que la realidad puede explicarse a partir de la *causalidad eficiente*, según la cual, todo es consecuencia de los cambios dados con anterioridad. En concreto, para Descartes, la causalidad física se reduce al principio según el cual todo cambio es movimiento.  
Esta concepción excluye la noción aristotélica de causa final, así como toda concepción que no se base en principios mecánicos.
3. *Causalidad válida en el marco espaciotemporal*: esta acepción puede tomarse tanto en el sentido de que se respeta el marco espaciotemporal de la física clásica como el de la relatividad. En su sentido más actual podemos entender que hace referencia a la denominada “estructura causal de la teoría de la relatividad”: dada la estructura espaciotemporal que la teoría de la relatividad impone al mundo, toda causa tendrá que encontrarse en el cono de luz pasado respecto de su efecto y todo efecto habrá de encontrarse en el cono de luz futuro respecto de su causa. Ningún evento que se encuentre fuera del cono de luz de otro, será causalmente conectable con él.  
Esto deja fuera cualquier tipo de teorías que supongan conexiones causales supraluminicas.

La forma en que de Broglie conecta estas tres nociones de causalidad es la siguiente. Requiere, para empezar, de una noción de realidad física a la que hará alusión numerosas veces en el texto de la conferencia que analizamos (cf. de Broglie 1987, 75, 81), aunque no la define de un modo explícito. Sin embargo, las ideas que presenta nos permiten presentar a de Broglie como un realista en el sentido clásico del término, en el mismo sentido en que lo es, por ejemplo, Einstein (cf. Einstein et al. 1935). Esto significa que aboga por la existencia de un mundo externo, que podemos conocer ese mundo con certeza y que mediante nuestras teorías científicas deberíamos poder describir y comunicar ese mundo con igual certeza. Justificamos esta afirmación acerca del credo epistemológico y ontológico de de Broglie, mediante la siguiente cita (para situarnos en contexto, está exponiendo su teoría de la doble solución, explicando en concreto, el papel que tiene la onda de probabilidad):

La amplitud no tendría, por tanto, más que un sentido de probabilidad y la *verdadera* posición del corpúsculo (*dado que **no dudo** que esta posición deba **existir** en cada instante*), no estaría representada por ella. (de Broglie, 1987, 72, subrayado nuestro).

Este texto muestra que para de Broglie los objetos tienen una posición bien definida en todo momento y, por tanto, podemos hablar de ellos como existentes en sentido físico.

Así pues, la causalidad tiene que ser una propiedad de esa realidad física que hemos descrito como externa, esto es independiente del sujeto que la observa. Esa realidad tiene lugar en un espacio y en un tiempo determinados. Ahora bien, el movimiento cartesiano (que explica el cambio y, por tanto, la causa), supone que una entidad localizada recorre cierto espacio en cierto tiempo, de modo que podemos establecer su velocidad atendiendo a la relación entre espacios y tiempos (hay que relacionar el presente con el pasado). Entonces, obviamente, la causalidad cartesiana es causalidad espacial y temporal. Por tanto, para de Broglie, la causalidad es una relación que se da *de hecho* en el mundo: es una acción física que ocurre en un marco espaciotemporal determinado, producto de un movimiento (o de un intercambio de energía). Además, esta causalidad, tiene una característica más: ocurre en una dirección temporal determinada, fruto de su definición cartesiana (relación entre tiempos pasados y presentes), lo que

excluye cualquier posible teoría que plantee una noción de causalidad hacia atrás ('backwards causation').

Este será el planteamiento causal que, unido a la teoría de la doble solución permitirá la ansiada descripción de la realidad que busca de Broglie, uniendo en un mismo marco la teoría de la relatividad y la descripción de los fenómenos microfísicos. La teoría de la doble solución consiste en asociar a la onda de probabilidad  $\Psi$ , descrita por la ecuación de Schrödinger, una solución de singularidad  $u$ , que comportaría una singularidad móvil (el corpúsculo) y tendría la misma fase que la onda  $\Psi$ . Así, ambas soluciones tendrían la forma de una onda con igual fase, pero con diferente amplitud, de tal modo que la amplitud de  $u$ , comportaría una singularidad y la amplitud de  $\Psi$  sería continua. La singularidad móvil debería describir una trayectoria tal que en cada punto la velocidad fuese proporcional al gradiente de la fase. Así, se traduce la reacción de propagación del fenómeno ondulatorio sobre la singularidad de la que forma parte. Esta reacción puede expresarse considerando al corpúsculo como sumido en un "potencial cuántico" que sería la expresión matemática de la reacción de la onda sobre él (de Broglie, 1987, 75-76). Ésta es una breve exposición del modo en que de Broglie propone interpretar la mecánica ondulatoria para poder proporcionar una explicación causal de la misma. Veamos cómo podría hacerse.

Las ondas se *propagan* físicamente en el espacio y en el tiempo, y esto puede suponer una suerte de causalidad, si aceptamos, la propagación en el espacio y en el tiempo como segundo concepto causal básico. La transmisión o propagación causal significa que lo que sucede en un lugar y en un tiempo puede influir de modo característico sobre lo que sucede en otro lugar y en otro tiempo. Esto quiere decir que la influencia causal se propaga a través del espacio y el tiempo. Este es un concepto tan familiar como el de producción, pues puede explicarse con ejemplos cotidianos (Salmon, 1994, 154-155, los ejemplos están tomados del propio Salmon). Así, un fuerte ruido nos hace percatarnos del paso de un avión sobre nosotros; o, también, la música y las noticias llegan hasta nosotros porque las ondas electromagnéticas se propagan desde un transmisor a un receptor. En el mismo sentido podríamos decir que a través de la memoria la influencia de eventos pasados se transmite al presente.

De igual modo, los sucesos en microfísica recuperan la explicación espacial y temporal mediante la existencia de una onda física real (la onda  $u$ ), que puede interpretarse como un campo, mientras que la onda  $\Psi$  descrita por la ecuación de Schrödinger sería sólo una onda de probabilidad, puramente ficticia, tras la cual,  $u$  permanece oculta. La onda  $u$  es la singularidad física que describe realmente al corpúsculo como centro de un fenómeno ondulatorio extenso (de Broglie, 1987, 77).

Cuando de Broglie afirma que  $u$  permanece oculta, está dando lugar a interpretar que la teoría cuántica es susceptible de ser completada en términos de variables ocultas. No expon-dremos aquí toda la polémica en torno a la cuestión de las variables ocultas, pues esto nos alejaría notablemente del tema que tratamos. Tan sólo nos limitaremos a afirmar que las variables ocultas son las que nos permitirían obtener la descripción válida dentro del marco del espacio y el tiempo, es decir, representan los parámetros que faltan.

De Broglie rechaza la interpretación de Copenhague en términos de probabilidad pura, desechando la explicación estrictamente estadística porque, en su opinión, conduce a conclusiones paradójicas, pues pone en duda nuestras antiguas nociones de espacio y tiempo (de Broglie, 1987, 84). Frente a esto, supone que existe una descripción 'oculta' fruto de nuestra ignorancia y, propone interpretar la probabilidad en el sentido clásico, es decir, en el sentido que tenía para Laplace y para la teoría cinética de gases en el siglo XIX. Por tanto, el hecho de que desconozcamos las coordenadas y la velocidad del corpúsculo, no significa que tales parámetros no existan (pues sabemos que, para de Broglie, al menos existe siempre la posición), sino simplemente que aún no hemos sido capaces de determinarlos.

Desde el punto de vista de la interpretación de Copenhague, sabemos, en cambio, que no tiene sentido preguntar por la posición de una partícula cuando hemos determinado su momento, porque NO TIENE posición, por tanto, no tiene sentido buscar una causalidad al modo cartesiano porque no podemos determinar la existencia de posiciones en todo momento y no podemos hablar de una transmisión material de las causas. Así, como dice Max Born (1983, 54), la mecánica cuántica de Schrödinger no es una descripción causal, y no responde a la cuestión de 'cuál es el estado' (de un sistema) sino sólo a la cuestión de 'cuál es la probabilidad de un

resultado específico'. En efecto, la interpretación que hizo Born de la ecuación de Schrödinger fue probabilista: lo que la intensidad de la función de onda proporciona es una probabilidad de encontrar partículas en un volumen dado o en un estado dado (cf. Rioja 1995, 258), renunciando así no solo a la descripción causal, sino también a la determinista.

Con la introducción de parámetros ocultos parece completarse el proyecto de de Broglie de restaurar la explicación de los fenómenos físicos dentro de un marco espacial y temporal y, con ello devolver al mundo su estructura causal en sentido físico y cartesiano. Sin embargo, no resulta muy factible incluir el cartesianismo en la descripción mecánico cuántica de los fenómenos y, a pesar de utilizar variables ocultas, parece que la causalidad estrictamente mecanicista debería desecharse. Tendríamos que desterrar el "lado cartesiano" de la concepción de de Broglie. De hecho, no hay ninguna prueba científica que nos autorice a asumir el mecanicismo.

Tal y como dice Bohm:

la asunción mecanicista de que todos los niveles diferentes, todos los cambios cualitativos, y todas las fluctuaciones azarosas pueden ser eventualmente reducidas por completo y de modo incondicional a efectos de algún esquema fijo y limitado de una ley puramente cuantitativa, no se sigue y no puede seguirse de ningún desarrollo científico específico. Esta asunción tiene, por tanto, un carácter esencialmente filosófico. (Bohm, 1984, 62)

La imposibilidad de una descripción en el marco espaciotemporal supone desde el punto de vista de de Broglie una renuncia a la causalidad, separándose así del marco *clásico* de descripción. Sin embargo, Bohm defiende que esto no se deduce de resultados científicos y es por ello que afirma su carácter filosófico. Si bien el objetivo de Bohm y de su interpretación alternativa es la búsqueda de una visión coherente de la naturaleza (cf. Bohm y Hiley 1993), no asume el requerimiento de localidad en su interpretación causal. En definitiva, él plantearía un esquema diferente. De hecho, podemos considerar que la parte más cartesiana de la causalidad es también la que critica Born (1949, 3), pues puede llevar a asumir un mecanicismo excesivo. En definitiva, lo que plantea de Broglie es algo así como una preconcepción, una idea que imponemos en nuestro modo de conocer el mundo, pero que no depende de cómo de facto sea el mundo. Si esto es así, es decir, si sólo hemos tratado con una postura filosófica (y esto es lo que

defendemos), no veo por qué no podríamos tomar en consideración otras asunciones filosóficas de diferente tipo para explicar la causalidad.

### **3. Alternativas filosóficas.**

La concepción de de Broglie se basa, como hemos visto, en que, al no poder describir la evolución de las partículas en un espacio y en un tiempo determinados, nos vemos obligados a renunciar a la causalidad. Sin embargo, tal vez como la asunción del cartesianismo, su concepción es sólo eso, una concepción. Es decir, podríamos suponer que representa un punto de vista estrictamente filosófico sin ninguna justificación científica, tal y como Bohm nos ha mostrado que ocurre con el mecanicismo. Así, planteamos algunas ideas alternativas que podrían generar tipos de descripción diferentes.

Podríamos, por ejemplo, considerar que no hay ninguna necesidad real de que la causalidad haya de ser estrictamente física, es decir que la influencia causal podría no necesitar una base material. Hemos mencionado a este respecto, más arriba, las posibles teorías contrafácticas. Sin embargo, considero que aquí lo que nos ocupa, es sin lugar a dudas, un problema físico y, por tanto, tal vez deberíamos limitarnos a hablar de concepciones que remitan a una influencia causal física. En este sentido, tal vez podríamos obviar la teoría de la relatividad, considerarla falsa, inaplicable al mundo microfísico o cualquier otra alternativa que pueda ocurrírse-nos. De este modo, tal vez la velocidad de la luz no fuera el límite de todas las velocidades, y tal vez dos eventos que no se encuentran en el mismo cono de luz podrían ser causalmente conectables. Como dice Bell: “tal vez debamos admitir que las influencias causales se propagan más rápidamente que la luz” (1990, 215-216). Aunque esto nos plantee el problema de que, de hecho, no somos capaces de enviar señales supralumínicas. Pero el hecho de que nosotros seamos incapaces de algo, o que su posibilidad nos resulte, a priori, paradójica, no significa que el mundo no pueda, en algún sentido, ser de ese modo. Podría simplemente tratarse de una restricción de nuestras capacidades o, incluso, de nuestra comprensión.

Por otra parte, el hecho de que la teoría de la relatividad imponga una estructura causal al mundo, no implica (al menos, no en todos los sentidos), que exista un orden temporal en la

influencia causal, es decir, aunque para Descartes y Laplace, entre otros, las causas deban preceder temporalmente a sus efectos, la teoría de la relatividad no exige que así sea, y podrían darse modelos de causalidad hacia atrás. Pues si recordamos, la cláusula de la direccionalidad causal en la teoría de de Broglie, la imponía Descartes y no la relatividad especial. Y, si renunciáramos, como nos sugiere Bohm, al mecanicismo cartesiano, podemos asimismo eliminar esa precedencia temporal de las causas respecto de sus efectos, y, examinar algún modelo, en el que sin violar las leyes relativistas de la teoría einsteiniana, pueda haber causas que “viajen hacia atrás en el tiempo” para producir sus efectos<sup>4</sup>. Tal vez, esto pueda ocurrir en algún marco de referencia.

De este modo, tal vez fuera posible encontrar para la mecánica cuántica una noción de causalidad diferente de la que proporciona de Broglie. De hecho, parece necesario, pues aunque podamos formular una teoría en términos de variables ocultas, alternativa a la mecánica cuántica, tal como es la teoría de Bohm, su noción de causalidad será intrínsecamente diferente de aquella de la que habla de Broglie en este texto. Una alternativa tal parece encaminada hacia la denominada “causalidad no-local”. De hecho, Bohm y Hiley (1993) afirman que la cuestión del determinismo es secundaria, siendo más importante la concepción de la realidad de un sistema cuántico que podamos tener, ya sea esta estocástica o causal.

Por otra parte, tal vez el mundo no tenga una intrínseca estructura causal, en cuyo caso nuestras teorías, hasta ahora, no describirían cómo de hecho es, y la causalidad tal vez derive sólo de un problema epistemológico humano para comprender e interpretar el mundo. En tal caso, estaríamos cercanos a la postura de Hume, y nos veríamos obligados a interpretar las descripciones causales como meras asociaciones producto de ciertas regularidades (cf. Hume 1980). En este sentido, tal vez podamos cambiar nuestro punto de vista epistemológico y suprimir la conexión causal para explicar el mundo. Es decir, tal vez no es cierto que todo lo que empieza a existir deba de tener una causa para su existencia, pudiendo así prescindir de la producción como concepto causal; en tal caso, tampoco habría nada que indique que las causas se propagan en el espacio y en el tiempo, sino que tal vez sólo hay una sucesión de fenómenos que

---

<sup>4</sup> Sobre las implicaciones filosóficas de estas ideas de Bohm véase Rioja 1992.

ocurren sin ninguna conexión y que observamos. Esto supondría que, dado que no tenemos ninguna necesidad de describir o interpretar el mundo en términos de influencias causales, podríamos renunciar a la explicación válida dentro del marco del espacio y del tiempo. El mundo podría ser completamente estocástico, aunque nuestra visión epistemológica no lo fuera.

Si en el mundo no existen las conexiones causales, en nuestra mano está tomar la opción epistemológica de conectar los fenómenos para explicarlos, caso en el cual estaríamos ante un uso instrumental de la causalidad. Otra opción es que la asunción de ese postulado ontológico nos lleve a pensar que no debemos añadir nada a nuestras teorías para explicar el mundo, sino que debemos limitarnos a observar cómo es de hecho y a anotar los datos de esas observaciones. En este último caso estaríamos próximos a la interpretación tradicional de la mecánica cuántica, la que considera que ésta no sólo es una teoría formalmente correcta, sino que además es completa, pues asume que el mundo se nos presenta a través de nuestras observaciones y los datos de esas observaciones son aquello de lo que da cuenta la teoría.

#### 4. Conclusión

Para terminar, podríamos decir que tal vez haya quien considere que la concepción causal que de Broglie expone en esta conferencia está algo pasada de moda y, tal vez tenga razón, pues para pretender ser una teoría física de la causalidad, no es compatible con la más fundamental de nuestras teorías físicas actuales. Sin embargo, querer explicar la física dentro del marco espaciotemporal, a fin de evitar la introducción del subjetivismo en la ciencia (y con subjetivismo quiero referirme tanto al problemático papel del observador en la operación de medida; como a la filosofía del *esse est percipi* de Berkeley, denominada por algunos “idealismo subjetivo”); es decir, introducir la causalidad para restaurar la objetividad clásica, no me parece que deba menospreciarse como “trasnochado”, sino que, aunque no sea el camino definitivo<sup>5</sup>, tal vez, pueda ser una vía para mantenernos en una postura crítica o, como dice Bell, “un

---

<sup>5</sup> El propio de Broglie reconoce en el texto que aún quedan numerosas dificultades por resolver y que la teoría debería ser compatible con la relatividad general. Por tanto, la doble solución y la teoría de Bohm, vendrían a ser, en principio, un camino recién abierto y todavía por explorar. (De Broglie, 1987, 89).

antídoto contra la complacencia prevaleciente, para mostrar que la vaguedad, la subjetividad y el indeterminismo no nos vienen impuestos por los hechos experimentales, sino por una deliberada elección teórica (1990, 222-223)<sup>6</sup>.

Como anunciamos al principio, hemos tratado de mostrar que el tema de la conferencia de de Broglie es el problema de la causalidad en mecánica cuántica y no el determinismo. En consecuencia, sugerimos que, tal vez, hubiera sido más adecuado titularla: *¿Permanecerá la mecánica cuántica acausal?*

## Referencias

- Bell, J.S., *Lo decible y lo indecible en mecánica cuántica*, Alianza Universidad, Madrid, 1990.
- Bohm, D., *Causality and Chance in Modern Physics*, RKP, London, 1984.
- Bohm, D. y Hiley, B., *The Undivided Universe*, Routledge, London, 1993.
- Born, M., On the Quantum Mechanics of Collisions, in: J.A. Wheeler-W.H. Zurek (eds.), *Quantum Theory and Measurement*, Princeton University Press, Princeton, 1983, 52-55.
- Born, M., *Natural Philosophy of Cause and Chance*, Oxford University Press, Oxford, 1949.
- de Broglie, L., La physique quantique restera-t-elle indéterministe? En : L. de Broglie, *Un itinéraire scientifique, textes reunis et présentés par G. Lochak*, éditions La Découverte, Paris, 1987.
- Descartes, R., *Los principios de la filosofía*, Alianza Universidad, Madrid, 1995.
- Einstein, A., Podolsky, B. y Rosen, N., "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?", *Physical Review*, 47, 1935, 777-780.
- Hume, D., *Investigación sobre el conocimiento humano*, Alianza Editorial, Madrid, 1980.
- Laplace, P.S., *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*, Alianza Editorial, Madrid, 1985.
- Rioja, A., "La dualidad onda corpúsculo en la filosofía de Max Born", *Thémata*, Nº 14, 1995, 251-284.
- Rioja, A., "Orden implicado versus orden cartesiano. Reflexiones en torno a la filosofía de David Bohm", *Llull*, vol. 15, 1992, 369-394.
- Salmon, W., *Causality: Production and Propagation*, 1980, reimpresso en: E. Sosa y M. Tooley (eds.): *Causation*, Oxford University Press, Oxford, 1994, 174-171.
- von Neumann, J. *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, Princeton, Princeton University Press, 1955.

---

<sup>6</sup> J.S. Bell, 1990, pp.222-223.

Recibido em: 03/07/2022  
Aprovado em: 03/10/2022

**María de Paz**

Profesora del Departamento de Filosofía y Lógica y Filosofía de la Ciencia, Facultad de Filosofía, Universidad de Sevilla (España).