

# Invirtiendo los “problemas del sentido común” en la física cuántica

Christian de Ronde<sup>55</sup>

Universidad de Buenos Aires, CONICET

Universidad Nacional Arturo Jauretche

Argentina

Vrije Universiteit Brussel

Bélgica

## Representación teórica y mundo

En trabajos anteriores hemos discutido la noción de representación y su lugar central en el pensamiento occidental desde Kant, quien introdujo en su arquitectónica la controvertida relación entre sujeto y objeto, entre lo que aparece, lo que se presenta y su sentido o representación. Nuevamente remarcamos aquí los límites de nuestro problema como aquel que pone en evidencia la distancia entre las palabras (la representación) y las cosas (lo representado). Como hemos señalado, en las teorías científicas este problema se expresa en la tensión que sostiene la relación entre teoría y mundo, entre expresiones matemáticas y leyes universales, entre modelos formales y experiencias actuales. En el contexto específico de la ciencia, el positivismo del siglo XIX continuó una crítica recurrente al pensamiento metafísico considerado como dogma -pensamiento del fundamento, pensamiento del absoluto, pensamiento

<sup>55</sup> Correo electrónico: cderonde@gmail.com

de la verdad última-. Ernst Mach, fue sin dudas uno de los pensadores más importantes en la refundación del conocimiento en torno a la observabilidad. Con el advenimiento del Círculo de Viena (Carnap *et al*, 1929), el fundamento empírico del positivismo fue extendido al análisis lógico del lenguaje de las teorías científicas. Sin embargo, el proyecto de articular la relación empírico-formal a partir de la distinción entre *términos teóricos* y *términos empíricos* no logró cumplir la promesa de justificar la independencia de dichos términos. La razón fundamental parecería ser que las observaciones actuales -o términos empíricos- no pueden ser considerados sin tomar en cuenta una estructura teórica previa. Como hubiera señalado el filósofo de Königsberg, son las categorías y las formas de intuición aquellas que permiten una articulación de la experiencia. De este modo, el *hic et nunc* parece filtrarse entre dos perspectivas aparentemente contradictorias, bien como elemento *creado* por nuestras teorías y nuestro lenguaje, nuestras representaciones; bien como elemento *descubierto* a partir de la sensibilidad que se expone ante aquello que se nos presenta.

Sólo a partir de la subversión positivista de Mach contra los *a priori* metafísicos de la física newtoniana es posible comprender el desarrollo de la teoría de la relatividad y de la mecánica cuántica. Estas dos teorías se diferencian, sin embargo, respecto de la radical distancia que asumen respecto de la concepción clásica del mundo. Más allá de la deconstrucción llevada a cabo por la relatividad al espacio y al tiempo newtonianos, la teoría de Einstein presenta un sustituto, esto es, el nuevo espacio-tiempo riemanniano. La mecánica cuántica, en cambio, no sólo desarticula sino que también parece horadar los fundamentos mismos de lo representable. Justo en el límite de lo decible, de lo pensable, la cuántica parece forzarnos no sólo a reconsiderar el lenguaje clásico, sino también a abandonarlo por completo. Mientras que el problema de la representación en la física clásica parece remitirse a la justificación de la relación entre 'lo que se presenta' y 'lo que se representa', la mecánica cuántica introduce de modo explícito la falta de un lenguaje apropiado

para referirse tanto al formalismo como a los denominados fenómenos cuánticos. Para decirlo de un modo concreto: *no sabemos de qué nos habla la teoría cuántica*.

En este trabajo nos interesa discutir en qué sentido los problemas ortodoxos discutidos en la literatura remiten a límites y presuposiciones que actúan como obturadores de un verdadero desarrollo alternativo a la metafísica clásica. Propondremos en la última sección una inversión a dichos problemas que intenta reconfigurar el sentido y proyecto de la física.

### **Sobre las derivas de la física contemporánea y la justificación del “sentido común”**

Hemos discutido anteriormente (de Ronde, 2011) la posibilidad de caracterizar el mapa de la física contemporánea a partir de dos grandes derivas. En primer término una línea técnico-utilitarista demarcada por la denominada ‘big science’ con su origen en el proyecto Manhattan donde el modo de producción apunta exclusivamente a la resolución de una empresa técnica específica. La singularidad del científico es aquí reemplazada por un colectivo dirigido hacia el desarrollo de un fin determinado, diagramado y configurado por especialistas. Pensada a partir de estas coordenadas, la física debe ser entendida en términos de mera *producción técnica, como un aparato de resolución algorítmico*. El físico resuelve problemas. Alejada de la metafísica y el mundo, podemos entonces considerar a la física como una pragmática subsidiaria de la *tecné*, en tanto pluralismo instrumental carente de fundamento, productora de meras “ficciones útiles”. Como reacción directa de este proceso encontrar

también una línea que vuelve sobre un *realismo representacional pre-crítico y anacrónico*, el cual, ascendiendo por sobre la experiencia, busca encontrar en formalismos matemáticos abstractos la ecuación última que permita concluir la historia, “the theory of everything” (T.O.E.)<sup>56</sup>. Si la teoría de supercuerdas necesita, para probar algunas de sus hipótesis, un acelerador de partículas del tamaño de nuestra galaxia, tal vez ha llegado la hora de que la física deje de lado la experiencia. No es extraño entonces escuchar a premios Nobel contemporáneos como Gerard t’Hooft (2001) señalar que el progreso científico puede continuar ahora dejando de lado los experimentos si los teóricos utilizan cuidadosamente las herramientas que proporciona la lógica. Steven Weinberg (2003) ha ido aún más lejos al sostener que esta puede marcar “una época heroica en la que los teóricos puedan poner fin a sus ataduras experimentales y hacer uso del razonamiento teórico puro para desarrollar una teoría unificada de todos los fenómenos de la naturaleza.” Esta deriva Pitagórico-Platónica busca, a partir del análisis lógico, el camino seguro que finalmente la conduzca hacia *la verdad*.

Pero lo verdaderamente interesante es como estas dos líneas, aparentemente opuestas, se articulan ambas con el objetivo de justificar el “sentido común”. Ya sea en términos de una ‘experiencia algorítmica’ concatenadora de series de ‘resultados experimentales’; ya sea negando la experiencia, alejándose de este mundo y ascendiendo hacia otro, más perfecto, mundo matemático formal. Mientras en el primer caso la experiencia -asumida como algo dado, autoevidente- resulta vacía e incoherente, sin conceptos que los articulen, en el segundo caso, se concluye la completa obturación de todo tipo de experiencia.

56 Ver por ejemplo: Weinberg (1992).

## Las derivas de la física y su expresión en la teoría cuántica

La teoría de los cuantos no ha escapado al panorama que acabamos de describir. Por un lado, autores como Christopher Fuchs y Asher Peres (2000) se han animado a sostener lo que muchos piensan: *La mecánica cuántica no necesita una interpretación*. Este es el título de un trabajo del año 2000 -exactamente a un siglo del nacimiento de la mecánica cuántica- en donde los autores sostienen que: “[...] la teoría cuántica no describe la realidad física. Lo que hace es proveer un algoritmo para computar probabilidades de los eventos macroscópicos (‘clicks’ en el detector) que son consecuencia de las intervenciones experimentales. Esta definición estricta del alcance de la teoría cuántica es la única interpretación necesaria, ya sea para los físicos experimentalistas o para los teóricos.” (Op. Cit.: 1) Por otro lado, si nos referimos a la interpretación de la teoría -un campo ocupado fundamentalmente por los filósofos de la ciencia- se destacan por sobre el resto: la interpretación de muchos mundos y la teoría de variables ocultas de Bohm. Mientras que la interpretación de muchos mundos va tan lejos como proponer la existencia de “mundos inobservables” para explicar los estados cuánticos superpuestos -determinando una violación extrema del principio de Ockham-; la mecánica bohmiana se basa en el dogma -antes debatido y confrontado por Mach- que sostiene la existencia de partículas con trayectorias bien definidas en el espacio-tiempo. Según Bitbol (2010): La teoría original de Bohm de 1952 es seguramente la más metafísica (en el sentido más fuerte, especulativo) de todas las lecturas de la mecánica cuántica. Se postula aquí la existencia de trayectorias de las partículas libres en el espacio-tiempo, trayectorias que son no observables en virtud de la propia teoría. Irónicamente, y más allá de los severos inconvenientes que ambas propuestas contienen,<sup>57</sup> estas versiones defendidas hoy por filósofos de la ciencia van en contra de los principios fundantes del pensamiento denominado “analítico”

57 Como el hecho de que el campo cuántico de la teoría de Bohm existe en el espacio de configuración y no en el espacio de fases o bien el hecho de que la experiencia de muchos mundos no se encuentra bien definida como tampoco la noción de probabilidad utilizada.

al cual sin duda pertenecen. Esto ha sido remarcado de modo general por el propio van Fraassen:

En mi opinión, la filosofía analítica -que es la tradición a la cual pertenezco- comenzó con una revolución que fue subvertida por fuerzas reaccionarias. Estoy hablando aquí de una reversión de la metafísica del siglo XVII. No rechazo toda metafísica, pero esta reversión la observo desastrosa. Paradójicamente, este desastre parece ser peor en dos zonas que apenas se relacionan entre sí. Quiero decir, por un lado, la zona que se caracteriza en términos generales como los estudios de “la ciencia y la religión” y, por otro, la filosofía académica analítica. Ambos sufren tanto de una metafísica explícita como así también implícita, no reconocida. (2008: 18)

### **La justificación del mundo clásico: observación y experiencia**

En de Ronde (2011), nos ocupamos de discutir y analizar los denominados ‘problemas interpretativos de la mecánica cuántica’; problemas que se encuentran desperdigados en una vastísima literatura que no ha dejado de crecer a lo largo de más de un siglo, luego del nacimiento de la antigua teoría atómica. Para comprender el sentido y fundamentación de estos numerosos problemas, debemos necesariamente adentrarnos también en los múltiples sentidos y fundamentaciones de lo que denominamos ‘física’. Con tal objetivo, hemos distinguido dos proyectos -uno ya existente, el otro por venir- bajo los cuales pueden comprenderse los intereses y el quehacer de una teoría física. El primero de estos caminos, que ya hemos discutido, encuentra sobre todo la necesidad -si bien desde diferentes perspectivas y es-

trategias- de *justificar la experiencia del mundo clásico* y el denominado “sentido común”. El segundo camino, que debe ser todavía desentrañado de tradiciones olvidadas, entiende la física no sólo como el desarrollo de nuevos modos de concebir el mundo, sino también como una disciplina capaz de crear nuevas formas de experiencia. Mientras el primer recorrido introduce la respuesta al problema en el propio origen, transformando *la pregunta por lo que es* en la *justificación adecuada de lo ya conocido*, el segundo recorrido propone asumir como punto de partida el total desconocimiento de los múltiples modos en que el mundo puede ser entendido y representado. Ahora bien, en tanto la filosofía de la ciencia responde a la tradición positivista -si bien, como señala van Fraassen esta tradición ha sido traicionada por fuerzas metafísicas- debemos ser capaces como actores de este contexto, de comprender los límites que los problemas planteados por estas tradiciones nos imponen: “El positivismo lógico está muerto y el empirismo lógico no es una escuela del pensamiento que tenga seguidores. Sin embargo, a pesar de nuestra distancia histórica y filosófica del positivismo y del empirismo lógico sus influencias aún pueden sentirse. Una parte importante de su legado es la distinción teórico-observacional, la cual continúa desempeñando un papel central en los debates sobre el realismo científico.” (Curd & Cover, 1998: 1228).

Independientemente de las diferentes posiciones, es evidente que el centro de gravedad de estas discusiones es la noción de verdad.

Como se suele comprender, la cuestión del realismo-antirrealismo se centra precisamente en la pregunta sobre la verdad. Los positivistas niegan la existencia de “entidades teóricas”, y creen que cualquier teoría que afirma la existencia de tales entidades es falsa. Los instrumentistas piensan que las teorías científicas son instrumentos o reglas que no son ni verdaderas ni falsas. Los antirrealistas epistemológicos como van Fraassen o Laudan conceden que las teorías tienen valores de verdad, incluso que algunas de ellas pueden ser ciertas, pero insisten en que ninguna teoría debería ser

aceptada como verdadera (Op. Cit.: 1210).

El concepto de verdad es una versión de la teoría de la correspondencia de sentido común de la verdad. Como señala Musgrave (Op. Cit.: 1221): “En las discusiones tradicionales del realismo científico, el realismo de sentido común referido a las mesas y las sillas (o a la Luna) se acepta como no problemático por ambos lados. La atención se centra en las dificultades del realismo científico respecto de los ‘inobservables’, como los electrones.” Evidentemente, tal concepción de lo real considera como problemático la existencia más allá de los límites del mundo clásico. Se propone entonces, a partir del fundamento asumido, resolver los caminos que conducen a la seguridad de lo ya conocido. En los problemas articulados en la literatura de la mecánica cuántica se busca entonces, siguiendo estas ideas, justificar el pasaje del formalismo cuántico al mundo clásico.

### **Los problemas del “sentido común” en la mecánica cuántica**

En la mecánica cuántica la gran mayoría de los problemas presuponen una teleología de la experiencia y la representación clásica. En este sentido podemos remarcar en primer lugar: a) *el problema de la medición*, que tiene por objetivo justificar, dada la existencia de superposiciones cuánticas, la actualidad de los resultados experimentales. Este problema ha sido discutido poniendo el foco en el resultado experimental, dejando de lado la pregunta referida al sentido y significado de la expresión matemática que expresa la superposición cuántica. Tanto las interpretaciones de “colapso” como las interpretaciones de “no-colapso” buscan fundar lo existente bajo el modo de ser actual propio de la física de Newton (de Ronde, 2013). Por otra parte, de modo más general: b) *el problema del límite*



*cuántico-clásico* tiene por objetivo justificar el mundo clásico más allá del formalismo cuántico. Niels Bohr y su *principio de correspondencia* han tenido una importancia fundamental a la hora de presuponer la existencia de un puente entre la mecánica clásica y la mecánica de los cuántos (Bokulich & Bokulich, 2005). Este presupuesto ha guiado las preguntas y problemas en la literatura referida a la mecánica cuántica.

Ambos problemas se fundan en la negación de la independencia del fenómeno cuántico, presuponiendo una experiencia clásica como único resultado posible. El punto de partida y llegada es el mismo: el fenómeno debe ser considerado necesariamente en tanto 'fenómeno clásico'. Como consecuencia, entendemos que ambos problemas han obturado de modo definitivo el desarrollo de nuevos modos de comprensión del mundo. Siguiendo a Niels Bohr (Wheeler & Zurek, 1983: 313) se debe sostener, desde esta perspectiva que:

[...] ante todo, debe quedar claro que, independientemente de lo lejos que los efectos cuánticos se encuentren del límite del análisis de la física clásica, tanto el arreglo experimental como los resultados de las observaciones deben ser expresados en el lenguaje común suplementado por la terminología de la física clásica." De este modo: "[...] la interpretación precisa de cualquier medición debe ser enmarcada esencialmente en término de las teorías físicas clásicas, y podríamos decir también en este sentido, que el lenguaje de Newton y Maxwell permanecerán por siempre como el lenguaje propio de los físicos (Op. Cit.: 7)

Sin embargo, más allá de estos dos problemas que presuponen en su propio origen una respuesta clásica, existen también otro conjunto de problemas referidos a la interpretación de la mecánica cuántica que aún cuando parecen poner en cuestión los presupuestos clásicos resultan en

última instancia funcionales a ellos. Estos problemas esconden de modo aún más profundo los límites impuestos por una concepción centrada en la metafísica clásica. A modo de ejemplo podemos mencionar, c) *el problema de la indistinguibilidad cuántica* que cuestiona la noción de identidad de las partículas cuánticas. Como es bien sabido, las estadísticas cuánticas imponen un modo de contar a partir del cual parece difícil sostener que las partículas elementales poseen identidad. Si bien en primera instancia la discusión referida a la no-identidad puede parecer extremadamente subversiva respecto del orden clásico las discusiones en la literatura solo han avanzado asumiendo como presupuesto y límite del análisis, la noción de 'partícula'. De este modo, el problema se encuentra limitado a partir de su propia arquitectónica, impedido de avanzar más allá de la metafísica de la entidad. Se discute entonces, solo en torno a la noción de entidad poniéndola como límite de lo imaginable. También d) *el problema del holismo cuántico* o e) *el problema de la separabilidad cuántica* que discuten la relación entre las partes de un sistema cuántico, y que podría considerarse por muchos como escapando al esquema clásico resulta también, en última instancia, una discusión referida a la relación entre 'las partes de un sistema'. La discusión y su problemática limitan aquí otra vez los posibles desarrollos referidos a la estructura formal de la teoría cuántica. Estos análisis no permiten ir más allá de la noción de 'sistema' que esconde en su interior la metafísica clásica. Finalmente podemos observar como f) *el problema de la no-localidad*: el cuál discute la efectuación de correlaciones que parecen contradecir los límites impuestos por la teoría de la relatividad de Einstein, se funda sobre todo en presuposición de la existencia del espacio-tiempo, algo que en modo alguno resulta evidente en el desarrollo de teoría. Nuevamente la respuesta más importante ha sido ya determinada de antemano, nuevamente la pregunta se sostiene sobre la necesidad de retornar al esquema de la física clásica.

## Invirtiendo los problemas ortodoxos

Nuestro análisis ha intentado, no sólo llamar la atención sobre el esquema teleológico que ha elegido la literatura especializada para discutir respecto de la mecánica cuántica sino también poner en evidencia el hecho que aún muchos de aquellos problemas que en primera instancia parecen avanzar sobre esquemas no-clásicos, resultan en verdad funcionales a dicha metafísica. Más allá de este análisis, nuestro trabajo intenta también configurar problemas nuevos, problemas que obedezcan a un desarrollo de la física entendida en tanto disciplina productiva de nuevos modos de expresión en el mundo. Esta búsqueda nos ha llevado a plantear en de Ronde (2011), la inversión de los problemas ortodoxos y su reconsideración a partir de nuevas preguntas que pongan el foco en el problema de la experiencia y la determinación de la existencia a partir del formalismo cuántico -en lugar de la mera justificación de un mundo clásico ya conocido.

Hemos invertido el problema de la medición a partir de lo que denominamos a) *El problema de la superposición cuántica*. Este problema tiene por objetivo invertir la relación problemática entre superposición y resultado singular. Contrariamente al problema de la medición el cual pone en foco la justificación del resultado actual, nos interesa en su lugar la interpretación física de la superposición en tanto que expresión matemática. La pregunta remite en este caso al sentido y significado de la superposición cuántica más allá del resultado. La respuesta debe desarrollarse a partir de la creación de nuevos conceptos que nos permitan articular de modo coherente dichas superposiciones con la experiencia singular encontrada en el laboratorio (de Ronde, 2013).

Bajo el mismo criterio, hemos invertido el problema del límite cuántico-clásico a partir de lo que denominamos b) *El problema de la función de onda*. Este problema tiene por objetivo crear los conceptos que nos permitan sostener la contextualidad cuántica, no en tanto inconveniente o dificultad

de la cual es necesario escapar, sino en tanto característica fundamental de la teoría (de Ronde, Freytes & Domenech, 2014).

En lugar de la autoevidencia de la experiencia clásica supuesta por los problemas ortodoxos sostenemos la necesidad de asumir la sola premisa de la existencia, dejando de lado una respuesta acabada al modo en que lo real se expresa. En lugar de una física entendida como mera producción de útiles teóricos o prácticos, en lugar de una física entendida como un camino lineal de progreso teleológico, en lugar de una física que obtura la noción de fenómeno, una física que asuma su problemática existencial con una experiencia abierta y determinada por una multiplicidad de modos de acceso a lo real, una física que comprenda la necesidad de creación de nuevos conceptos, de accesos a los fenómenos desde nuevas perspectivas. Puesto que, como recuerda Heisenberg:

En uno de sus seminarios sobre el desarrollo de la física Max Plank dijo: 'En la historia de la ciencia un nuevo concepto nunca surge en modo completo y definitivo, como en el antiguo mito griego, lo hizo Palas Atenea al surgir de la cabeza de Zeus.' La historia de la física no es sólo una secuencia de descubrimientos experimentales y observaciones, seguidas por su descripción matemática; es también la historia de los conceptos. Para una comprensión de los fenómenos la primera condición es la introducción de conceptos adecuados. Sólo con la ayuda de conceptos correctos es que podemos saber qué es lo que ha sido observado. (1973: 264)