

ALCANCE Y FUNCIÓN DE LAS TEORÍAS FÍSICAS EN HILARY PUTNAM Y WERNER HEISENBERG

CHRISTIAN DE RONDE

PABLO MELOGNO

Abstract. In this work we attempt to analyze the intra-theoretic characterization provided by Hilary Putnam and Werner Heisenberg between quantum mechanics and other theories. The first defended the idea that physical theories include *macro principles* that under specific definite historical conditions can be revised on the light of rival principles. Putnam will concentrate in the impact that quantum mechanics has produced in the classical image of knowledge. Heisenberg, on the other hand, develops his analysis from the notion of *closed theories*, assuming the independence and incommensurability of physical theories. These divergences between the two authors will allow us to analyze how the disagreement in the consideration of the status of physical theories, goes deeper into more profound aspects related to the nature of knowledge and the relation between theory and world.

Keywords: Putnam; Heisenberg; closed theories; *a priori*; representation, rationality.

1. Putnam y el status de las teorías físicas

Hilary Putnam ha abordado una amplia gama de problemas relativos a la lógica cuántica y a las interpretaciones de la mecánica cuántica en diversos períodos de su obra. A partir de Putnam (1961), y hasta Putnam (2011a; 2011b; 2012), su pensamiento ha experimentado varias reformulaciones, virajes y cambios radicales de postura. En este trabajo nos centraremos principalmente en la reconstrucción de su tratamiento de la mecánica cuántica en el período 1962-1974, especialmente en trabajos como “Philosophy of Physics”, “The Logic of Quantum Mechanics” y “How to Think Quantum-Logically”. Varias de las formulaciones centrales de este período serán abandonadas posteriormente por Putnam,¹ no obstante dan cuenta de una etapa por demás representativa de su pensamiento y de una visión sugestiva acerca de la naturaleza de las teorías físicas.

En el trabajo de 1965, “Philosophy of Physics” aparecen las primeras indicaciones definidas de lo que por unos años será el centro de la postura de Putnam respecto de la mecánica cuántica, de la lógica cuántica y en general del status de las teorías físicas y sus pretensiones de conocimiento. Trasladando al ámbito de la física una polémica previamente emprendida con Quine (Putnam 1962), señala Putnam que la idea de que en física no hay verdades necesarias —derivada de la crítica a la distinción analítico-sintético—, y de que todo enunciado es pasible de revisión, condujo a

Principia 17(2): 331–343 (2013).

Published by NEL — Epistemology and Logic Research Group, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Brazil.

pensar que proposiciones básicas como *todo evento tiene una causa* o *el espacio tiene tres dimensiones* constituyen generalizaciones empíricas. Por estos años Putnam defiende —postura que modificará posteriormente— que en física hay enunciados que tienen un status de *verdad necesaria* para quienes los aceptan en un contexto específico, mientras que no obstante pueden ser revisados en contextos epistémicos posteriores.² No se trata de enunciados necesarios en el sentido de que sean intrínsecamente irrevisables, sino en tanto funcionan como principios marco (*framework principles*) cuya revisión es distinta a una contrastación empírica corriente (Putnam 1965b, p.88).

Esta formulación está en continuidad con lo ya planteado por Putnam en “Lo analítico y lo sintético” al señalar que en principio, aunque se concediera que no existen verdades necesarias o *a priori*, es necesario aceptar que en circunstancias históricas concretas ciertas teorías han permanecido inmunes a la revisión (Putnam 1962, p.46 y ss.) La diferencia entre el proceso de revisión de este tipo de principios marco y las generalizaciones empíricas consiste en que los primeros sólo pueden ser revisados en condiciones históricas particulares, diferentes a las que llevan a darles un status de necesidad por parte de quienes los sostienen. Por otra parte, estos procesos de revisión sólo son posibles a la luz de una teoría rival de la teoría revisada, que oficia como marco alternativo desde donde cuestionar el status de irrevisabilidad, en cuanto los datos contrarios a la teoría inicial sólo pueden justificar su revisión si son articulados en el aparato conceptual de una teoría rival. Este tipo de teorías tiene para Putnam un status *contextualmente a priori*, en cuanto se trata de verdades que no están sujetas a revisión, bajo condiciones históricas concretas (Putnam 1976, p.95–6; 1962, p.46). De este modo, preservar de la revisión algunos principios durante ciertos períodos de tiempo no es un error por parte de los científicos que los defienden, sino más bien un ejercicio de buena metodología, en cuanto la inmunidad a la revisión es resultado de que no es posible concebir las condiciones de falsedad de los principios marco, inicialmente porque no hay problemas específicos que justifiquen la revisión; finalmente, porque no se vislumbra un marco alternativo desde donde efectuarla.

Siguiendo esta línea, en “The Logic of Quantum Mechanics” Putnam introduce la pregunta acerca de si las verdades de la lógica pueden revisarse o volverse falsas por razones empíricas —esto es, provenientes de las teorías científicas— en términos análogos a lo sucedido con la geometría de Euclides (Putnam 1968, p.174; tb. 1974, p.56). Esto es, del mismo modo que la geometría de Euclides fue considerada durante siglos como un cuerpo de verdades necesarias, para perder este status con el advenimiento de las geometrías no euclídeas y la relatividad, los principios de la lógica clásica —o al menos algunos de ellos—, que durante siglos fueron considerados como necesarios, deben ser reformulados en función de los resultados de la mecánica cuántica. De aquí extrae Putnam su defensa de la lógica cuántica y de la

reformulación de los principios de no contradicción y distributividad.

Según Putnam (1968, p.176–77) el advenimiento de la mecánica cuántica marca una revolución conceptual, en función de la cual se produce un cambio en el significado de los términos así como también en el marco teórico. En general, el uso de los términos previo a una revolución descansa en una amplia serie de leyes que son abandonadas como consecuencia del cambio revolucionario, y sustituidas por leyes nuevas e incompatibles. Este es un proceso de sustitución de teorías y de abandono de una teoría insuficiente por otra más prometedora o fértil de acuerdo a las necesidades cognitivas que afronta la comunidad que efectúa el cambio. Sin embargo, esto no quita que el cambio revolucionario pueda revestir carácter local,³ en cuanto lo que exige la lógica cuántica es el abandono de la ley de distributividad de la lógica clásica $\neg p \cdot (q \vee r) = (\neg p \cdot q) \vee (\neg p \cdot r)$, sosteniendo al mismo tiempo la conservación de otros principios clásicos (ídem, p.184–90).

De aquí llega Putnam a la conocida formulación de que *la lógica es tan empírica como la geometría*, sosteniendo que el estado actual de la teoría física permite explicar a través de la mecánica cuántica la validez aproximada de la lógica en el macrocosmos, del mismo modo que la geometría no euclídea permite explicar la validez aproximada de Euclides en distancias relativamente pequeñas.⁴ Esta formulación por un lado da cuenta de un cierto desplazamiento de la postura de Putnam respecto de 1965, en cuanto la afirmación del carácter empírico de la lógica —hecha con la radicalidad que presenta en 1968— no es asimilable a la afirmación más moderada de su revisabilidad o de su carácter de *a priori* contextual. El mismo Putnam había señalado tiempo atrás que cuando un enunciado posee un status *a priori* contextual no es permeable al control experimental, en cuanto los eventuales resultados empíricos contrarios se reinterpretan de modo de no exponer el principio a crítica (1962, p.24).

En vistas de esto puede ofrecerse una lectura menos exaltada del carácter ‘empírico’ que Putnam propone para la lógica, entendiendo que afirmar que la lógica es *empírica* no implica otra cosa que afirmar que en momentos históricos muy singulares sus principios pueden ser revisados como consecuencia de revoluciones conceptuales experimentadas en la ciencia empírica. Pero esto no implica que los principios de la lógica sean ‘empíricos’ en el sentido corriente de la expresión, porque ello implicaría que *en todo momento* están sujetos a revisión, o que parte del trabajo regular del lógico es revisarlos, lo que no coincide con la misma imagen histórica que Putnam ofrece de la lógica clásica ni de la geometría de Euclides, en cuanto concede que ambas permanecieron durante siglos preservadas de revisión. En estos términos resulta conveniente reconstruir la posición de Putnam con un cambio de terminología, acaso más fiel a su trabajo de la segunda mitad de la década de los 70’s (Putnam 1976; 1978), señalando que tanto las verdades de la geometría de Euclides como de la lógica cuántica pueden considerarse como casos de *a priori* contextual.

El cambio en las leyes lógicas que propone Putnam tiene el status de una decisión metodológica justificada, tanto en el impacto de la mecánica cuántica en la lógica como en la estructura interna de la mecánica cuántica. Esto lo coloca en oposición al convencionalismo defendido por Carnap (1956), de acuerdo al que las reglas de la lógica y la matemática son convenciones a través de las que se define estipulativamente las reglas de un lenguaje, por lo que un cambio en la lógica o en la base matemática de una teoría es un cambio de usos lingüísticos. Para Putnam preservar de revisión ciertos enunciados no resulta racional ni metodológicamente fértil si conduce a postular distorsiones inexplicables en la medición, variables ocultas u otras estrategias anómalas al interpretar la teoría. A esto se suma otra objeción de fondo, y es que si las reglas de la lógica fueran estipulaciones arbitrarias, no ve Putnam la forma de evaluar como cada estipulación contribuye o no al mejoramiento de la teoría y al logro de mejores resultados de investigación. A esto se podría responder que no son arbitrarias completamente, en la medida en que deben elegirse aquellas estipulaciones lógicas cuyas consecuencias sean más consistentes, pero un argumento así planteado resulta circular en cuanto presupone la noción de consecuencia, y por lo tanto la lógica misma (Putnam 1968, p.188).

A partir de aquí pueden ensamblarse —con ciertos recaudos terminológicos— las características que en Putnam parecen ser comunes a la lógica, la matemática y los principios básicos de las teorías científicas; a saber: 1. no se trata de principios *necesarios*, en cuanto no son intrínsecamente irrevisables; 2. no se trata de principios *empíricos*, en cuanto a lo largo de la historia existen periodos en que no se encuentran expuestos a revisión; 3. poseen un status *contextualmente a priori*, en cuanto bajo condiciones históricas concretas permanecen inmunes a la revisión; 4. la inmunidad a la revisión no se reduce a una *convención*, sino que remite a la imposibilidad de concebir la falsedad de los principios en cuestión, y a la ausencia de alternativas rivales.

En tren de vincular la defensa de la lógica cuántica con el debate entre las diferentes interpretaciones de la mecánica cuántica, Putnam plantea un trilema que sintetiza las alternativas metodológicas abiertas en el campo. Una primer opción es asumir que la lógica clásica es correcta, y que no deben modificarse sus principios, sino los aspectos de la mecánica cuántica incompatibles con ella —como la complementariedad y la superposición de estados.⁵ Una segunda alternativa consiste en postular que los resultados de la mecánica cuántica que conducen a la complementariedad y la superposición de estados son correctos, y que también es correcta la lógica clásica. En esta caso se preservan tanto los principios de la cuántica como así también la lógica clásica, pero al precio de introducir variables ocultas o alguna especie de salto insalvable entre el sistema y el observador. Finalmente, puede afirmarse que la complementariedad y la superposición son correctas, y que no hay variables ocultas ni cortes entre el observador y el sistema, por lo que es necesario revisar la lógica clásica.⁶

En términos de Putnam ninguna de las tres unidades involucradas —la mecánica cuántica, la lógica clásica y la interpretación de variables ocultas— detenta un status privilegiado o intrínsecamente superior al que deban adaptarse los dos restantes. No parece ser afín al pensamiento de Putnam la idea de que haya una regla metodológica que indique de modo unívoco que en toda situación de incompatibilidad la lógica debe adaptarse a la teoría física o la teoría física a la lógica. Las primeras dos alternativas resultan rechazables en cuanto modificar la mecánica cuántica para adaptarla a la lógica clásica o postular variables ocultas constituyen estrategias que generan un mayor costo metodológico y conducen a anomalías más severas que las que se registran si se adapta la lógica a la mecánica cuántica si postular variables ocultas. De este modo, el aspecto metodológico del problema escapa tanto a la idea de un ámbito epistémico privilegiado que regula a los demás, como a la apertura de diferentes posibilidades de revisión de carácter convencional.

La decisión de revisar la lógica clásica en función de los resultados de la mecánica cuántica responde al estado actual del conocimiento y a las anomalías que enfrentan las comunidades epistémicas involucradas en un contexto histórico específico. En otro contexto —futuro— y bajo otras condiciones de conocimiento —nuevos descubrimientos experimentales, sofisticaciones del formalismo, desarrollos en la lógica, etc.— podría ser la mecánica cuántica el objeto de revisión desde una teoría alternativa, como actualmente lo es la lógica clásica respecto de la mecánica cuántica.

Del mismo modo que las leyes de la lógica clásica fueron tomadas como verdaderas y luego reformuladas en función de los adelantos de la mecánica cuántica, nada impide que en el futuro la lógica cuántica deba ser reformulada a causa del desarrollo de la ciencia empírica o de una teoría lógica rival. De la misma manera, es posible que en el futuro debamos abandonar algunos de los postulados de la mecánica cuántica del mismo modo que en el pasado se abandonaron los axiomas de Euclides. Esto obviamente no quita que actualmente no haya razones para abandonar la mecánica cuántica, y que estemos justificados en reformular la lógica en función de sus resultados, pero esta decisión resulta metodológicamente fértil en la actualidad en la misma medida en que la geometría de Euclides resultaba metodológicamente fértil para los matemáticos del siglo XVIII. En suma, del mismo modo que las verdades de la lógica clásica y la geometría de Euclides se volvieron falsedades, también las verdades de la mecánica cuántica pueden en el futuro volverse falsedades, aunque esto en la actualidad constituya sólo una posibilidad lógica sin consecuencias metodológicas de relieve. Putnam defiende así la modificación de ciertos conceptos lógicos y filosóficos relevantes en base a los resultados de la mecánica cuántica, desde una concepción falibilista que no excluye el abandono futuro de la misma mecánica cuántica a favor de otra teoría.

Sin embargo, poco tiempo después Putnam parece deslindarse de algunas de estas premisas falibilistas, en un pasaje que resulta no poco desconcertante: “The

Logic by itself does not say exactly how any particular position measurement will make momentum uncertain. But we know that in each case the physical laws will in some way have to say that the position measurement makes the momentum uncertain, because physical laws have to be compatible with logic—that is to say, they have to be compatible with the *true* logic, which is quantum logic.”(1974, p.61) Si en este caso *la verdadera lógica* significa la lógica final, definitiva, necesaria, *a priori*—en términos absolutos— o cualquier formulación análoga, entonces ya no puede considerarse que la lógica es una disciplina *empírica* ni que está abierta a revisión en función del estado de la ciencia, sino que se trata de una disciplina verdadera *a priori* a la que llegamos gracias a los descubrimientos de la teoría científica —la mecánica cuántica—, que una vez obtenida ya no exige ulterior revisión. Pero nada de esto parece compatible con la caracterización de la lógica cuántica previamente defendida por Putnam ni con su visión general del conocimiento. Para una interpretación más integrada, puede pensarse que *la verdadera lógica* significa *la lógica que actualmente responde mejor a nuestras necesidades epistémicas*, o dicho en términos metodológicos, que cuenta para nuestro conocimiento del mundo como la verdadera lógica en cuanto no tenemos razones actuales para someterla a revisión.

2. Las teorías cerradas de Werner Heisenberg

El análisis de Heisenberg referido a las teorías cerradas se encuentra disperso en su obra de modo asistemático y su exposición se retrotrae a 1926 (Bokulich 2004; Chevalley 1988). Heisenberg sostiene que una *teoría cerrada* es un cierto número de conceptos interconectados con un formalismo matemático que permiten el acceso a un conjunto de fenómenos bien determinados. Según el propio Carl Friedrich von Weizsacker:⁷

Probablemente, la contribución más importante de Heisenberg a la filosofía de la ciencia sea el concepto de progreso en la física como una secuencia de ‘teorías cerradas’ —Abgeschlossene Theorien— (Heisenberg 1948). Este concepto ubica los desarrollos de la física (teorías cerradas) como un concepto histórico (secuencial). El concepto se encontraba originado a partir de la reflexión de lo que el propio Heisenberg había logrado años atrás cuando fue capaz de sentar los fundamentos de la última teoría cerrada que ha emergido en la física. Una teoría ‘cerrada’ no es una teoría final, capaz de abarcar todos los fenómenos, sino una teoría que no puede ser mejorada a partir de pequeños cambios. La mecánica clásica, la electrodinámica, la relatividad especial y general, la mecánica cuántica, son todos ejemplos de teorías cerradas. Una nueva teoría cerrada difiere de sus predecesoras no sólo en que determina nuevas proposiciones sino en que desarrolla nuevos conceptos. (von Weizsacker 1985, p.278)

Según Heisenberg existen cinco teorías cerradas dentro de la física: la mecánica newtoniana, la teoría electromagnética de Maxwell, la mecánica estadística clásica, la teoría de la gravedad de Einstein y la mecánica cuántica. Cada una de ellas resulta perfectamente válida y da cuenta de una descripción limitada de la naturaleza. Por ejemplo, respecto de la mecánica newtoniana, Heisenberg señala:

La mecánica newtoniana es una descripción limitada de la naturaleza y en ese campo limitado resulta perfectamente válida. Nunca podrá ser mejorada. Todos los intentos por mejorar la mecánica de Newton son infructuosos. [...] Dado que se trata de un sistema axiomático cerrado, creo que debería ser dejado tal como se encuentra. [...] Esta teoría no cubre, por supuesto, la totalidad de la física. Existen otros esquemas. La teoría de Maxwell por ejemplo es completamente diferente de la mecánica newtoniana pero resulta también un esquema cerrado que no puede ser mejorado. (Heisenberg 1963, p.21–22)

Evidentemente los conceptos utilizados por una teoría cerrada carecen de significado fuera de la red en la que son considerados. Por ejemplo, las nociones de ‘espacio’ y ‘tiempo’ en la mecánica newtoniana no son conmensurables ni reductibles a las nociones de ‘espacio’ y ‘tiempo’ en la teoría de la gravedad de Einstein. Se comparten las palabras pero no los conceptos. Como consecuencia, las teorías cerradas no pueden ser comparadas porque refieren a problemas y fenómenos que se sostienen sobre redes conceptuales intraducibles e inconmensurables.

En cuanto hablamos de velocidades, cercanas a la velocidad de la luz, no es simplemente que la física newtoniana no puede ser aplicada, el punto más importante es que ya no se sabe que es lo que se quiere decir con ‘velocidad’. No se puede agregar dos velocidades sucesivamente, por lo cual la palabra ‘velocidad’ pierde su significado inmediato. Esto resulta un rasgo característico de aquello que busco señalar cuando hablo de teoría cerrada; esto es, cuando se llega a un desacuerdo con los hechos, entonces esto significa que ya no se pueden utilizar las palabras. Usted simplemente no sabe cómo hablar. (ídem, 24)

Según Heisenberg existe una discontinuidad radical entre teorías cerradas, tanto en los conceptos utilizados, en el formalismo matemático como en la experiencia fenoménica y los problemas que permiten articular cada uno de estos ‘sistemas cerrados’. Es por ello mismo que el científico se confronta siempre con la necesidad de crear más allá de los límites impuestos por las teorías existentes. Es por ello que existe la necesidad paradójica de pegar saltos conceptuales y de “cortar la misma rama en que uno se encuentra sentado.” (ídem, p.22). Según Heisenberg:

La transición en la ciencia, desde campos de experiencia previamente investigados hacia nuevos campos, nunca consiste simplemente en la aplicación

de las leyes a estos nuevos campos. Muy por el contrario, un campo de experiencia realmente nuevo siempre dará lugar a la cristalización de un nuevo sistema de conceptos científicos y de leyes [...] El avance requiere un salto intelectual, que no puede lograrse a través del simple desarrollo del conocimiento ya existente. (Heisenberg 1934, p.25)

Podríamos decir entonces que el desarrollo de las teorías encuentra sus límites en cuanto las nuevas experiencias físicas sobrepasan el campo explicativo de las redes conceptuales formales ya demostradas.

En el pensamiento de Heisenberg los conceptos entre una teoría y otra carecen completamente de traductibilidad. Hay, como señala Heisenberg, una *discontinuidad* intrínseca entre diferentes *teorías cerradas*; nuevos conceptos que implican la configuración de nuevos fenómenos. En este sentido no sería posible una comparación entre teorías cerradas puesto que no sólo “no hablan de lo mismo” sino que ni siquiera discuten sobre los “mismos problemas”. Los nuevos conceptos delimitan nuevas preguntas, nuevos fenómenos. Como le remarcará Heisenberg en una entrevista realizada por el propio Kuhn en 1963 (*apud* Bokulich, 2006, p.98): “El paso decisivo es siempre un paso bastante discontinuo. Uno no puede esperar ir por pequeños pasos que se acercan cada vez más a la teoría real; en un punto te encuentras en la necesidad de saltar, debes dejar de lado los viejos conceptos e intentar algo nuevo ... de cualquier modo no puedes quedarte con los viejos conceptos.”

El aspecto más importante ha de ser considerado en una teoría física cerrada es entonces la coherencia interna entre sus propios conceptos, sus elementos formales y los fenómenos que ésta expresa. Es la coherencia lo que permite descubrir una unidad en cada teoría cerrada.

Uno encuentra [en las teorías cerradas] estructuras tan interconectadas y entrelazadas entre sí que resulta imposible realizar cambios en cualquier punto sin tomar en cuenta todas las conexiones en cuestión. [...] Esto nos recuerda a las decoraciones de las mequitas árabes, en las que existen tantas simetrías se encuentran realizadas al mismo tiempo que sería imposible alterar una sola hoja sin al mismo tiempo destruir la conexión del todo. (W. Heisenberg, *en* Bokulich 2006, p.95)

Evidentemente, la ‘inconmensurabilidad’ planteada por la arquitectónica de Heisenberg, si bien se sostiene sobre una estructura común entre teorías, no permite plantear puentes entre una teoría y otra. Es el abismo al que se enfrenta el físico cuando atisba los límites de una teoría aquello mismo que lo obliga a crear radicalmente nuevas teorías, es decir, nuevos conceptos y formas de experimentar el mundo.

Heisenberg no duda en referir la estructura de relaciones “encontradas” en las teorías a la ‘realidad’:

Si, como siempre debemos hacerlo como un primer paso en la física teórica, combinamos los resultados de los experimentos y las fórmulas para llegar a una descripción fenomenológica de los procesos, la impresión que obtenemos es que hemos inventado nosotros mismos estas fórmulas. Sin embargo, si tenemos la oportunidad de avanzar en las relaciones que deben ser incorporadas en el sistema de axiomas [...] entonces estamos de pronto cara a cara con una relación que ha existido siempre, y que, obviamente, no fue inventada por nosotros o por cualquier otra persona. Estas relaciones son, probablemente, el contenido real de nuestra ciencia. (Heisenberg 1929, p.99)

Sin embargo, debe tomarse en cuenta que el enfoque de Heisenberg, si bien remite por una parte a la explícita conveniencia con la filosofía platónica, interpretando a la física como una teoría que permite, a partir de las leyes formuladas matemáticamente, *develar la realidad* (cf. Heisenberg 1929); no podemos dejar de considerar la influencia evidente que la filosofía kantiana ha ejercido sobre su pensamiento. Esto nos obliga también a reconsiderar la pobre caracterización que se ha realizado durante las últimas décadas de Heisenberg —por parte no sólo de físicos sino también de filósofos de la ciencia— ya sea como neo-positivista, pragmático o meramente como instrumentalista. Debemos señalar aquí que la referencia explícita en contra de estas posturas minan la posibilidad de una tal interpretación (ver por ejemplo Heisenberg 1929; 1958). Por otra parte, la influencia de la arquitectónica kantiana en el pensamiento de Heisenberg no se remite a una discusión crítica de la posibilidad de sostener ciertos conceptos *a priori* sino que también permanece como trascendente a su propia noción de teoría cerrada. La importancia del pensamiento kantiano se encuentra presente de manera muy notoria en las discusiones entre los padres fundadores de la teoría cuántica, no sólo en Bohr, von Weizsacker, Grette Herman, sino también en Pauli y Einstein, entre otros.

3. Conclusión

A partir de la caracterización que hemos realizado de ambos autores, asoman agudas diferencias acaso insalvables en la comprensión del estatuto y referencia de las teorías. Para ambos, las teorías físicas se asientan en principios que permanecen sólidamente arraigados en las bases de las estructuras teóricas, pero mientras que para Heisenberg los principios de cada teoría cerrada son fijos e inmodificables, para Putnam cada teoría presenta principios sujetos a revisión y abandono si las circunstancias históricas así lo requieren. Para Heisenberg por otra parte, el surgimiento de nuevas teorías responde al desarrollo de dominios de la experiencia radicalmente nuevos e independientes de las teorías ya existentes; para Putnam mientras tanto, la irrupción de un nuevo dominio de fenómenos constituye un motivo para revisar

y desarrollar alternativas a las teorías ya establecidas. Pero analicemos algunos de estos puntos en mayor detalle.

En primer lugar, respecto de la fundamentación de las teorías científicas Putnam sostiene una dependencia contextual respecto del momento histórico en que éstas se desarrollan. De este modo parece vislumbrarse también una noción de *verdad contextual* o *relativa*, tanto a la época histórica como al contexto cultural de las sociedades. En este sentido Putnam parece poner el énfasis en las condiciones epistémicas de la producción de teorías, más que en las condiciones ontológicas. Por el contrario, en el caso de Heisenberg, parece retomarse en toda su plenitud un *realismo matemático* Platónico-Pitagórico, en donde las ecuaciones de teorías empíricamente adecuadas permiten develar la verdadera estructura del mundo. Cada una de las teorías alcanza su propia clausura determinando, a partir de las ecuaciones matemáticas, un modo específico de contacto con lo real. Las teorías permiten de este modo trascender tanto la historicidad como la cultura específica en que fueron desarrolladas. Es aquí que Heisenberg retorna a los griegos y la noción de verdad como *episteme*, conocimiento verdadero y absoluto del mundo.

En segundo lugar, la distancia entre Heisenberg y Putnam se hace también evidente cuando comparamos los modos específicos en que se desarrollan las teorías científicas. En el caso de Putnam aparece una especie de relación evolutiva entre teorías, donde el progreso resulta también dependiente del contexto de producción específico. Esto en cuanto en los procesos de cambio conceptual, las nuevas teorías surgen como alternativas críticas a las teorías establecidas, ofreciendo perspectivas divergentes para problemas que estas no han podido resolver, y que resultan comunes tanto a las teorías previas a la revolución como a las surgidas a partir de ellas.

Pero en el caso de Heisenberg, la discontinuidad entre las teorías posee un carácter mucho más acentuado. Debemos ante todo pegar “saltos” para avanzar, debemos —como señala Heisenberg— ser capaces de arrojarnos a lo desconocido y crear nuevos conceptos, nuevos formalismos que posibiliten la apertura de nuevos fenómenos. Sólo en tanto somos capaces de olvidar los fundamentos de las teorías precedentes es que podemos desarrollar nuevas teorías, nuevos modos de comprender el mundo. En tercer lugar, evidentemente, y a modo de conclusión, debemos observar el modo en que estos autores conciben la física en tanto disciplina, bien como el discurso propio de una comunidad particular —dependiente del contexto histórico y cultural de una sociedad—, bien como una descripción matemática de lo real —independiente de la singularidad de una época. De esta forma, los desacuerdos dados en la consideración de problemas vinculados al status y la construcción de las teorías físicas, arraigan en divergencias bastante más profundas, relativas a la naturaleza del conocimiento y a la relación entre las teorías científicas y el mundo.

Referencias

- Bokulich, A. 2004. Open or Closed? Dirac, Heisenberg, and the Relation between Classical and Quantum Mechanics. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 35: 377–96.
- . 2006. Heisenberg Meets Kuhn: Closed Theories and Paradigms. *Philosophy of Science* 73: 90–107.
- Carnap, R. 1956. The methodological character of theoretical concepts. In: H. Feigl et al. (eds.) *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Minneapolis: University of Minnesota Press, p.1–74.
- Chevalley, C. 1988. Physical Reality and Closed Theories in Werner Heisenberg's Early Papers. In: D. Batens; J. P. Van Bendegem (eds.) *Theory and Experiment*, Dordrecht: D. Reidel Publishing Co., p.159–76.
- Heisenberg, W. 1927. Über den anschaulichen Inhalt der quanten theoretischen Kinematik und Mechanik. *Zeitschrift für Physik* 43: 172–98. Reprinted as *The Physical Content of Quantum Kinematics and Mechanics*, translation by J.A. Wheeler and W.H. Zurek. In: J. A. Wheeler; W. H. Zurek (eds.) *Quantum Theory and Measurement*. Princeton: Princeton University Press, 1983.
- . 1929. Atomic Physics and Pragmatism. In: *Physics and Beyond: Encounters and Conversations*, New York: Harper & Row, Publishers, p.93–102, 1971.
- . 1934. Recent Changes in the Foundations of Exact Science. In: *Philosophical Problems of Quantum Physics*, Woodbridge, CT: Ox Bow Press, p.11–26, 1979.
- . 1958. *Physics and Philosophy*. London: World Perspectives/ George Allen and Unwin Ltd.
- . 1963. Oral history interview of Werner Heisenberg by Thomas Kuhn. *Archive for the History of Quantum Physics*, deposit at Harvard University, Cambridge, Mass.
- . 1973. Development of Concepts in the History of Quantum Theory. In: J. Mehra (ed.) *The Physicist's Conception of Nature*, Reidel: Dordrecht, p.264–75.
- Kuhn, T. 1962. *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. México: FCE, 2002.
- . 1983. Conmensurabilidad comparabilidad y comunicabilidad. In: *Qué son las revoluciones científicas*, Barcelona: Paidós, p.95–135, 1989.
- Putnam, H. 1961. Comments on the Paper of David Sharp, 'The Einstein-Podolsky-Rosen Paradox Re-examined'. *Philosophy of Science* 28(3): 234–37.
- . 1962. *Lo analítico y lo sintético*. México: UNAM, 1983.
- . 1965a. A Philosopher Looks at Quantum Mechanics. In: *Mathematics, Matter and Method, Philosophical Papers, v. 1*, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, p.130–58, 1975.
- . 1965b. Philosophy of Physics. In: *Mathematics, Matter and Method, Philosophical Papers, vol. 1*, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, p.79–92, 1975.
- . 1968. The logic of quantum mechanics. In: *Mathematics, Matter and Method, Philosophical Papers, v. 1*, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, p.174–97, 1975.
- . 1974. How to Think Quantum-Logically. *Synthese* 29: 55–61.
- . 1976. Two dogmas revisited. In: *Realism and Reason, Philosophical Papers, vol. 3*, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, p.87–97, 1983.
- . 1978. There is at least one a priori truth. *Erkenntnis* 13(1): 153–170.

- . 1982. Why reason can't be naturalized. In: *Realism and Reason, Philosophical Papers*, vol. 3, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, p.229–47, 1983.
- . 1994. Michael Redhead on Quantum Logic. In: P. Clark; B. Hale (eds.) *Reading Putnam*, Oxford: Blackwell, p.265–80.
- . 2005. A Philosopher Looks at Quantum Mechanics (Again). *British Journal for the Philosophy of Science* 56(4): 615–34.
- . 2011a. The Curious Story of Quantum Logic. In: M. De Caro; D. Macarthur (eds.) *Philosophy in an Age of Science*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, p.162–80, 2012.
- . 2011b. Quantum Mechanics and Ontology. In: De Caro; Macarthur (eds.) (2012), p.148–61.
- . 2012. From Quantum Mechanics to Ethics and Back Again. In: De Caro; Macarthur (eds.) (2012), p.51–71.
- Von Weizsäcker, C. F. 1985. Heisenberg's philosophy. In: P. Lathi; P. Mittelslaedt (eds.) *Symposium on the Foundations of Modern Physics*, Singapore: World Scientific, p.277–93.

CHRISTIAN DE RONDE

Universidad Nacional Arturo Jauretche
Universidad de Buenos Aires/ CONICET
ARGENTINA

Center Leo Apostel y Foundations of the Exact Sciences
Vrije Universiteit Brussel
BÉLGICA

cderonde@vub.ac.be

PABLO MELOGNO

Facultad de Información y Comunicación
Universidad de la República
Montevideo

URUGUAY

pmelogno@gmail.com

Resumo. Neste trabalho nos propomos analisar as caracterizações intra-teoréticas apresentadas por Hilary Putnam e Werner Heisenberg entre a mecânica quântica e outras teorias. Enquanto que o primeiro defenderá que as teorias físicas incluem *princípios marco* que sob condições históricas concretas somente podem ser revisados à luz de princípios rivais e se centrará no impacto que a mecânica quântica teve na imagem clássica de conhecimento, o segundo desenvolve sua análise a partir de sua noção de *teoria fechada*, sustentando a independência e incomensurabilidade entre as múltiplas teorias físicas. Esta discrepância entre os autores nos permitirão analisar como as considerações no status das teorias físicas estão arraigadas em divergências mais profundas, relativas à natureza do conhecimento e da relação entre teoria e mundo.

Palavras-chave: Putnam; Heisenberg; teorias fechadas; *a priori*; representação; racionalidade.

Notas

¹ El abandono de la defensa de la lógica cuántica se consumará en Putnam a lo largo de la década de los 90's, mediante la influencia del trabajo de Michael Redhead (Putnam 1994; 2005).

² Plantear la cuestión en estos términos supone el concepto putnamiano de verdad como *aceptabilidad racional idealizada*, según el cual la evaluación de la verdad de una teoría no es realizada bajo condiciones epistémicas ideales, sino bajo condiciones históricas concretas. Por esto, en la determinación de la verdad de una teoría está involucrada la evaluación de las condiciones epistémicas bajo las que se establece el valor de verdad, y estas condiciones a su vez son consideradas más o menos óptimas en función de los parámetros de racionalidad de cada esquema conceptual. (Putnam 1982, p.231).

³ Cabe recordar que por esta misma época Kuhn también efectúa una transición entre la afirmación inicial del carácter abrupto y total del cambio de teorías (1962), y una postura posterior más matizada sobre el carácter local de los fallos de traducción y los procesos de inconmensurabilidad e intraducibilidad entre teorías (1983).

⁴ "Quantum mechanics itself explains the *approximate* validity of *classical* logic 'in the large', just as non-Euclidean geometry explains the *approximate* validity of *Euclidean* geometry 'in the small'." (Putnam 1968, p.184; tb. 1974, p.55)

⁵ Los problemas vinculados a la complementariedad, la superposición de estados y la introducción de variables ocultas son revisados en Putnam (1965a), en el contexto de una discusión crítica de la interpretación de de Broglie, Born y la interpretación de Copenhagen.

⁶ "according to the advocates of quantum logic, one can stick to classical logic in one's physics provided one is willing to pay the price. And the price is very similar to the price that one pays if one sticks to classical geometry in one's physics: one ends up with mysterious forces, or with a systematic 'cut between the observer and the system' (which is just to say, 'what one observes depends on how one looks, but one cannot say *how* and *why* it depends on how one looks'), or something else equally silly." (Putnam 1974, p.56; tb. 1968, p.189)

⁷ Aquí como en el resto del trabajo las traducciones nos corresponden.