

ADENDA AL TRABAJO DE GRADO “LA TEORÍA METAFÍSICA DE LA PROPENSIÓN DE LA MECÁNICA CUÁNTICA DE KARL POPPER”.

5. Breves comentarios al artículo: “Popper y la Mecánica Cuántica. (Comentarios críticos al *III Post Scriptum a la lógica de la investigación científica*)”.

En la presente adenda efectuamos algunos breves comentarios al artículo “Popper y la Mecánica Cuántica. (Comentarios críticos al *III Post Scriptum a la lógica de la investigación científica*)” del profesor español Juan Cano de Pablo, quien asegura que Popper habría malinterpretado las ideas planteadas por la escuela de Copenhague; en palabras de este autor: “Popper no entiende o no quiere entender lo que desde la Escuela de Copenhague se dice”¹.

Es consideración del profesor Juan Cano de Pablo que, si bien Heisenberg empleó palabras como ‘conciencia’ o ‘subjetivo’ para hablar del observador, no mostraría una ‘interpretación mentalista’ de la mecánica cuántica, tal y como pudiese ocurrir con Wigner. Argumenta que la circunstancia de que Popper viese aquello, radicaría en que no habría entendido el problema de la medición y de las observaciones. Veamos un poco como el profesor español explica esto.

El profesor Juan Cano de Pablo señala que ‘el postulado cuántico’ de la interpretación de Copenhague comprendería dos sentidos: (1) un sentido restringido que indica la indivisibilidad de los procesos atómicos (esto debido a la aplicación del cuanto de acción), y (2) un sentido general según el cual se abandona el principio de continuidad. A raíz del ‘postulado cuántico’ el profesor Juan Cano de Pablo considera —en afinidad con la interpretación de Copenhague— que debe modificarse el concepto de observación en la mecánica cuántica, y comprender que ‘el sujeto y el objeto forman un todo indivisible’ ya que el valor para la interacción entre los instrumentos y propiedades no sería ‘infinitamente reductible’; a diferencia de la mecánica clásica donde podemos restar la perturbación del resultado, en la mecánica cuántica aquello no sería posible porque la perturbación no es despreciable, o en otras palabras, ‘no es infinitamente reductible es discreta’.

No obstante, los anteriores argumentos del profesor Juan Cano de Pablo son discutibles desde la perspectiva popperiana, y esto por varias razones:

¹ DE PABLO, Juan Cano. Popper y la mecánica cuántica (Comentarios críticos al *III Post Scriptum a la lógica de la investigación científica*). Revista: Cuadernos de Materiales, filosofía y ciencias humanas, No 18, p. 35-41. Disponible en internet: <http://www.filosofia.net/materiales/num/num18/Popper.htm#ast>

1) En las diferentes referencias de Popper que ofrece en su artículo el profesor Juan Cano de Pablo, como además en la bibliografía del autor austriaco, no encontramos que Popper haya empleado precisamente el término 'mentalista' o que se refiera a Copenhague como 'la interpretación mentalista', sino que en vez de ello, el autor austriaco acusó a la interpretación de Copenhague de no referirse directamente a la 'realidad objetiva' de las partículas, sino a 'nuestro conocimiento, nuestra observación o nuestra conciencia de las partículas'²; lo anterior pudiese sugerir la necesidad de una discusión hermenéutica sobre lo que significa la palabra 'mentalista', pero aquí consideramos que lo realmente importante es identificar que Popper examinó que la interpretación de Copenhague defendida por autores como Heisenberg, Bohr y Pauli, presentó múltiples aseveraciones que conducen ineludiblemente a controvertir la 'realidad' y el 'realismo objetivo' de las partículas subatómicas, y que esto resulta más que claro, considerando las propias afirmaciones de Heisenberg³ donde éste cuestiona —sin lugar a dudas— la 'realidad' de los objetos cuánticos; (por cierto, algunas de aquellas afirmaciones fueron traídas a colación en varias de las secciones anteriores, entre ellas: secciones 4.3.3. y 4.8. de la presente monografía). Quizá puede resultar acertada la afirmación del profesor Juan Cano de Pablo de que el idealismo de Wigner es más radical que el de Heisenberg, en todo caso, el mismo Heisenberg ofreció muestras de que no se apartó demasiado de una concepción idealista o positivista como la indicada en la sección 2.1. de la presente monografía. De hecho, como parece identificar el mismo profesor Juan Cano de Pablo, Heisenberg adoptó una postura similar a la de Berkeley según la cual: lo físico se relaciona con lo sensible o, en otras palabras, que lo existente es 'el ser percibido', ya que según la 'teoría de la cubeta de la mente', solo podríamos tener garantía de las sensaciones que obtenemos gracias a la experiencia, por lo cual, más allá de las sensaciones no podríamos hablar de 'cosas reales'; y esto claramente, obedece a una postura idealista o positivista.

(2) Por otro lado, desde la perspectiva propensivista, es de considerar que contrario a las aseveraciones del profesor Juan Cano de Pablo, Popper si ofreció muestras de comprender lo que Copenhague denominó el 'problema de la medición', como lo mostró especialmente en la introducción del tercer volumen del *Post Scriptum*, y como vimos en la sección 4.5. de la presente monografía; lo que sucede, ciertamente, es que el autor austriaco no se encontró nunca de acuerdo con las afirmaciones de la interpretación de Copenhague que tanto defiende el profesor español. Ahora bien, consideremos que aquello que el profesor Juan Cano de Pablo indica que es 'el postulado cuántico' de la interpretación de Copenhague, se encuentra implícito en las fórmulas de Heisenberg, y que desde la perspectiva de Popper, dicho postulado no supondría un problema porque: (a) cuando hay un cambio en la disposición experimental (por ejemplo una disposición que nos permita en el experimento de las dos ranuras averiguar a través de cuál de

² POPPER, Karl. *Post Scriptum a La lógica de la investigación científica*, vol. III: Teoría cuántica y el cisma en física. Madrid: Editorial Tecnos, 1985, p. 57.

³ Véase: HEISENBERG, Werner. *Física y filosofía*. Buenos Aires: Editorial la Isla, S. R. L., 1959, p. 121.

las dos ranuras atraviesa la partícula), dicho cambio expresaría un cambio de las propensiones, y lo único que necesitamos saber en aquellos casos es la ecuación de Schrödinger (la cual entraña las relaciones de dispersión de Heisenberg), por esta sencilla circunstancia Popper afirmó en el tercer volumen del *Post Scriptum* lo siguiente: “no veo ninguna dificultad aquí ni ningún problema que estén relacionados específicamente con la teoría cuántica —es decir, con la constante h de Planck—. Nos enfrentamos, más bien, con un problema que reaparece en las teorías probabilísticas, por ejemplo, en la teoría de la difusión”⁴. Además, porque (b) esto también posee cierto grado de relación con la sexta tesis del tercer volumen del *Post Scriptum*; según Popper las fórmulas de Heisenberg no *limitan* la precisión de las partículas individuales, ya que si bien a la hora de experimentar con objetos cuánticos no se puede evitar “1) la dispersión de la energía si tomamos disposiciones para un corto límite de tiempo, y 2) la dispersión del momento si tomamos disposiciones para una posición estrechamente limitada [...] esto sólo significa que hay límites a la *homogeneidad estadística* de nuestros resultados experimentales”⁵.

El profesor español en su artículo además dice que la ciencia moderna es realista, y que a su vez acepta el principio de causalidad y el principio de determinación, pero que Popper niega este último principio. Al respecto, el mencionado profesor no es del todo claro ni preciso, por ello recordemos que Popper consideró que la idea intuitiva de causalidad como explicación causal (causa-efecto) es válida, mientras que el determinismo en su sentido más fuerte, es decir, como ‘determinismo laplaciano’, por su parte no sería legítimamente válido (véase sección 2.2.4.1. de la presente monografía). Además, el autor austriaco si bien consideró que la física clásica y la física cuántica —ambas— son indeterministas, anheló que la teoría cuántica pudiese obtener una capacidad predictiva más efectiva o un determinismo *prima facie* similar al de la mecánica clásica.

Por otro lado, Juan Cano de Pablo dice que Copenhague no es instrumentalista, pues “si así fuera no se preocuparía de buscar interpretaciones”⁶. Al respecto, vale la pena señalar que el mismo Popper afirmó que los físicos instrumentalistas que alguna vez abordaron cuestiones filosóficas de la teoría cuántica, realmente fueron muy pocos, como por ejemplo los mismos autores reconocidos: Heisenberg y Bohr, los cuales integraron parte de los físicos pioneros de la teoría cuántica; sin embargo, es frecuente o casi una regla general, que el físico instrumentalista de las nuevas generaciones vea innecesario problematizar cuestiones interpretativas, ya que una vez acepta los principios o conclusiones de la interpretación de Copenhague, terminaría por preferir —casi en exclusividad— la circunstancia de limitarse en aprender y desarrollar operativamente el formalismo matemático. Igualmente, consideramos que resulta cuestionable la afirmación del profesor Juan

⁴ POPPER, Karl. *Post Scriptum a La lógica de la investigación científica*, vol. III: Teoría cuántica y el cisma en física. Madrid: Editorial Tecnos, 1985, p. 170.

⁵ *Ibid.*, p. 75.

⁶ DE PABLO, Juan Cano. Popper y la mecánica cuántica (Comentarios críticos al *III Post Scriptum a la lógica de la investigación científica*). Revista: Cuadernos de Materiales, filosofía y ciencias humanas, No 18, p. 35-41.

Cano de Pablo según la cual 'Copenhague busca interpretaciones', porque si fuese realmente así, entonces sería viable el debate o cuestionamiento al principio de complementariedad de Bohr en la interpretación ortodoxa, y no como se logra percibir: los adeptos de Copenhague realizando una defensa a ultranza o indicando los porqués debe aceptarse incuestionablemente dicho principio. Asimismo, es de considerar que, el profesor Juan Cano de Pablo se expresa confusamente, ya que primero dice que Copenhague no es instrumentalista, pero luego dice que Copenhague se ve obligada a asumir una posición instrumentalista "ante la imposibilidad de ofrecer una interpretación conceptual satisfactoria del formalismo matemático"⁷; nosotros nos preguntamos lo siguiente: ¿Copenhague busca interpretaciones o contrario a esto asume que es imposible cualquier otra interpretación?

Otro aspecto a considerar del artículo en mención, es que el profesor español comete un evidente error al pretender criticar a Popper haciendo parecer que el autor austriaco recae en una contradicción en la medida en que este también hace recurso del instrumentalismo; al respecto no hay contradicción alguna, porque lo cierto es que Popper nunca rechazó que las teorías de la ciencia sirvan como instrumentos de predicción, solamente insistió en la circunstancia de que las teorías de la ciencia son mucho más que eso; de hecho, el mismo Popper aseguró adoptar una postura media entre los enfoques del esencialismo y el instrumentalismo.

El profesor Juan Cano de Pablo afirma que, según Popper, Copenhague explicaría el carácter probabilista por medio de la *nesciencia*, pero que, contrario a esto, lo que realmente sucedería —continúa diciendo el profesor español— es que en conformidad con Bohr "el sistema no tiene p y q con valor bien definido al mismo tiempo y con independencia de la observación. Esto se debe a que van a venir dados por operadores no-conmutativos. Es decir, viene dado por la propia teoría, no porque no seamos capaces de observarlos simultáneamente"⁸. Al respecto, el profesor Juan Cano de Pablo no entiende que precisamente la conclusión que recoge de Bohr y la cual él acepta, es fruto de consideraciones subjetivas de la probabilidad, en tanto que anticipadamente está dando por sentado un 'supuesto separado o suplementario'⁹ (es decir, algo que realmente no viene dado por la teoría, y que sentencia la existencia de un presunto *límite* para la precisión de lo que podemos saber o conocer de las partículas subatómicas), luego también asume que no hay independencia de la observación; si bien los valores del sistema vienen dados por valores no-conmutativos (según las ecuaciones de Heisenberg de la teoría cuántica, que por cierto, Popper entiende como 'relaciones estadísticas de dispersión'), desde la postura de Popper, aquello —como vimos en las secciones 4.6. y 4.8. de la presente monografía— no implica que lógicamente las partículas no puedan poseer valores definidos. Por consiguiente, aunque el profesor Juan Cano de Pablo no quiera ver que la interpretación de Copenhague pretendió explicar el carácter probabilista de la teoría cuántica por medio de la *nesciencia*, lo

⁷ *Ibíd.*, p. 35-41.

⁸ *Ibíd.*, p. 35-41.

⁹ POPPER, Karl. *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Editorial Tecnos, 1980, p. 202.

cierto es que, en los propios argumentos que recoge de Bohr y que buscan señalar lo contrario, precisamente subyace la misma interpretación subjetivista de la probabilidad.

En su texto el profesor Juan Cano de Pablo también cuestiona 'el embrollo cuántico' que Popper le atribuye a Copenhague, pero lo cierto es que no entendemos su muy breve crítica; indicamos aquí que la interpretación de Copenhague no comprende que los conjuntos estadísticos (u ondas) no se refieren a propiedades que sean precisamente individuales y concretas, como sí lo serían las propiedades que poseen las partículas; de ahí que dicha interpretación no vea lo inapropiado de una presunta dualidad.

El profesor Juan Cano de Pablo, también afirma lo siguiente:

“Otro argumento, usado por Popper a favor de su lectura estadística, es que las relaciones de incertidumbre se refieren a cálculos estadísticos, no a la precisión de nuestras medidas. Ahora bien, es arriesgado lanzar una tesis como esta, puesto que las relaciones de incertidumbre son una ley de la naturaleza, no una hipótesis ad hoc. Por consiguiente, aunque existan variables ocultas, éstas deben someterse a dichas relaciones de incertidumbre”¹⁰.

Desde la postura de Popper la anterior afirmación resulta cuestionable, porque simplemente obedecería a una confusión, según la cual, la supuesta imposibilidad de hacer una medición precisa de la posición y el momento de una partícula sería una presunta ley de la naturaleza, pero como se dijo antes, según Popper¹¹ esto solo obedecería a un 'supuesto separado o suplementario' ya que lógicamente las 'relaciones estadísticas de dispersión' no excluyen la posibilidad de encontrar p y q bien definidos; la *limitación* solo indicaría la homogeneidad estadística, no una ley de la naturaleza. Para aclarar este asunto, veamos a continuación como el profesor John Auping explica los *límites* de la dispersión:

Éstas son fórmulas [aquí se refiere a las fórmulas de Heisenberg] válidas de la teoría cuántica, pero NO señalan ningún límite a la precisión de nuestras mediciones simultáneas de momento y posición, más bien indican los límites de la dispersión (scatter) en los resultados de secuencias de experimentos (con un solo fotón o electrón o con conjuntos de fotones o electrones), razón por la cual ponen límites a la precisión de la predicción de la posición final exacta de un solo fotón o electrón antes de que pase por la hendidura, pero no a la precisión de la predicción de la función probabilística¹².

¹⁰ DE PABLO, Juan Cano. Popper y la mecánica cuántica (Comentarios críticos al *III Post Scriptum a la lógica de la investigación científica*). Revista: Cuadernos de Materiales, filosofía y ciencias humanas, No 18, p. 35-41.

¹¹ : POPPER, Karl. La lógica de la investigación científica. Madrid: Editorial Tecnos, 1980, p. 202.

¹² AUPING, John. Una revisión de las teorías sobre el origen y la evolución del universo: física, metafísica, ciencia ficción y (a)teología en la cosmología antigua y moderna. Mexico D.F: Universidad Iberoamericana, 2009, p. 448.

Por otro lado, no hay que olvidar que las conjeturas estadísticas de propensión, según Popper, serían susceptibles de contrastación empírica (véase sección 4.3. más exactamente en la descripción de la octava tesis de Popper). Por lo cual, las conjeturas estadísticas de propensión en principio no se tratarían de hipótesis *ad hoc*.

Según dice el profesor Juan Cano de Pablo: “[...] es cierto que la interpretación propensivista resuelve el problema entre las partículas y sus estadísticas, pero no resuelve, de ninguna manera, la relación entre partículas y ondas. Éste no es un problema estadístico, sino físico”¹³.

Al respecto, es de señalar que (1) desde la perspectiva propensivista los problemas estadísticos obedecen a ciertas condiciones objetivas de generación que indican *tendencias físicas*, por lo cual, se emplean para comprender problemas físicos y que son reales, y no indican precisamente ‘nuestro’ conocimiento sobre las circunstancias de ciertos sucesos, y (2) la interpretación propensivista no solo considera que los aspectos estadísticos revelan las *tendencias* o *disposiciones* de las partículas para adoptar cierto estado específico, sino que también acude a los planteamientos del físico Alfred Landé sobre lo que se denominó ‘la tercera regla cuántica de Duane’ para explicar físicamente fenómenos similares al patrón de interferencia; no obstante, como vimos en la sección 4.9.1. de la presente monografía, actualmente hay serias dudas sobre la viabilidad de esta última propuesta. De modo que, considerando este último problema, ciertamente aún hace falta resolver físicamente la aparición de fenómenos como el patrón de interferencia.

Por último, también debatimos la siguiente afirmación del profesor Juan Cano de Pablo:

Según Popper las relaciones de incertidumbre se refieren a partículas que tienen p y q bien definidos. Es posible conocer p y q con una mayor precisión de lo que permite la fórmula: $\Delta E \Delta t = h$. Nosotros creemos que es cuestionable que p y q tengan o no valores bien definidos. En todo caso se puede adoptar un planteamiento gnoseológico como el de Einstein o un planteamiento ontológico como el de Bohr. Sería posible conocer p y q con una mayor precisión de lo que permiten las relaciones de incertidumbre si el E-P-R funcionara. Pero como existe un principio de no-localidad (como prueban los experimentos de Bell y Aspect), no tiene sentido plantear esta cuestión. Sí lo tenía cuando Einstein planteó el E-P-R en 1935¹⁴.

En primer lugar, no es exactamente cierto que los experimentos de Aspect impliquen que no es posible conocer p y q con mayor precisión que lo determinado por las fórmulas de dispersión de Heisenberg.

¹³ DE PABLO, Juan Cano. Popper y la mecánica cuántica (Comentarios críticos al *III Post Scriptum a la lógica de la investigación científica*). Revista: Cuadernos de Materiales, filosofía y ciencias humanas, No 18, p. 35-41.

¹⁴ *Ibíd.*, p. 35-41.

Brevemente, es de considerar que, como explica el profesor Antonio J. Diéguez¹⁵ en su artículo “Realismo y teoría cuántica” los experimentos de Aspect pusieron a prueba la conjunción de las siguientes tres suposiciones: (a) el realismo, (b) la separabilidad o localidad y (c) la validez de la teoría cuántica. La violación de las desigualdades de Bell en el experimento de Aspect sugieren que al menos alguno de aquellos supuestos no es correcto. Ahora bien, dado el éxito de las formulaciones matemáticas de la teoría cuántica no se duda del último supuesto, por lo cual, la discusión se centra en los dos primeros supuestos. *Grosso modo*, si suponemos que no hay variables ocultas tenemos que: si se acepta el realismo se rechaza la localidad y por ende el modelo realista debe ser no-local, pero si se acepta la localidad se rechaza el realismo; aunque se advierte que aquí no hay rechazo directo al realismo, sino a la conjunción de realismo y localidad. Sabemos que Copenhague rechaza tanto el supuesto de realidad del EPR, como además el supuesto de variables ocultas.

Sin embargo, más allá de los planteamientos de Copenhague, es de considerar que una interpretación como la de ondas piloto de De Broglie-Bohm, aún con las presuntas conclusiones que se le atribuyen a los experimentos de Aspect puede resultar viable, en tanto que ésta es realista y asimismo renuncia al principio de localidad. Ahora bien, hasta donde sabemos, a partir de la interpretación de De Broglie-Bohm se considera que las partículas poseen un p y q bien definidos (por cierto, Popper dudó de que esto fuese realmente así debido a unas réplicas de Bohm a Einstein, pero luego también sabemos que respaldaría la teoría de ondas piloto bajo la condición de que p y q puedan ser bien definidos; al respecto véase nota 681 de la presente monografía). En aquella medida, no resulta cierta la afirmación del profesor Juan Cano de Pablo de que los experimentos de Aspect niegan la posibilidad de obtener p y q definidos; sí la interpretación de los experimentos de Aspect son adecuados, esto resultaría cierto únicamente para teorías realistas y de variables ocultas locales, pero como hemos indicado, también caben otras posibilidades donde aquellos valores si puedan ser definidos a partir de teorías realistas y de variables ocultas no-locales.

Pero ciertamente lo anterior no excluye un evidente problema con la interpretación de Popper de la mecánica cuántica, o, mejor dicho, con la generalidad de los planteamientos sostenidos por él durante la mayor parte del tiempo desde concibió su interpretación teórica. Veamos que sucede. Sabemos que Popper fue —sin lugar a dudas— un realista, pero lo problemático aquí es la cuestión de si Popper adoptó un modelo local o por otro lado un modelo no-local de la teoría cuántica; esto porque de ser cierta la interpretación de los experimentos de Aspect, el realismo no podría conjugarse con el supuesto de la localidad. Ahora bien, resulta más que obvio una inclinación de Popper por el principio de localidad; aunque también resulta cierto que el autor austriaco no excluyó definitivamente la no-localidad, y más aún en cuanto esto puede referirse a una propiedad —recién descubierta en su época—

¹⁵ DIÉGUEZ, Antonio. Realismo y teoría cuántica. Revista interdisciplinaria de filosofía, Contrastes, Vol. 1, 1996, p. 98.

como el spin; según Popper de ser cierta la no-localidad sería una característica interesante a considerar de la teoría cuántica. Por consiguiente, esta última cuestión lo que tal vez pudiese señalar, es que la teoría propensivista de Popper¹⁶ de la mecánica cuántica, deja abierta la posibilidad de que en el caso de finalmente se aceptase las conclusiones del experimento de Aspect, o en el caso de que se despojase todas las dudas interpretativas sobre este experimento, entonces sería posible adoptar un modelo con un principio no-local para la teoría de la mecánica cuántica; pero se advierte que esto tan sólo sería una suposición con base en algunas afirmaciones de Popper, y lo cierto es que el autor mismo —desde 1982 que fueron los experimentos de Aspect, hasta su muerte en 1994— nunca estuvo seguro de que los experimentos de Aspect hubiesen sido interpretados adecuadamente.

David Colorado Rodríguez
Universidad de Nariño.

¹⁶ Véase: POPPER, Karl. Post Scriptum a La lógica de la investigación científica, vol. III: Teoría cuántica y el cisma en física. Madrid: Editorial Tecnos, 1985, p. 44-49.