

Einstein: el ideal de una ciencia sin sujeto

ANA RIOJA
(Universidad Complutense)

La aparición de la mecánica cuántica en la segunda década de nuestro siglo suscitó, o mejor, replanteó la vieja polémica en torno al realismo, polémica que no ha hecho sino acrecentarse desde que, en aquel memorable quinto Congreso Solvay de 1927, Einstein y Bohr iniciaran sus interpretaciones contrapuestas (realista y no-realista respectivamente) del formalismo matemático recién creado.

Aunque el término «realismo» no es precisamente un término unívoco, ni siquiera en el contexto limitado de la mecánica cuántica, hay sin embargo una significación del mismo bastante habitual, en especial entre los detractores de la Escuela de Copenhague. Me refiero a aquella según la cual la ciencia física tiene por objeto una realidad que existe con absoluta independencia del sujeto, ya sea observable o no, y que puede ser conocida en sí misma al margen de toda intervención o aportación de la mente humana, lo que garantiza la objetividad del conocimiento. En este sentido toda desviación del realismo resultaría extremadamente peligrosa por cuanto conduciría a consecuencias subjetivistas según las cuales, en último término, el mundo sería una «invención» del sujeto y la física se convertiría en un híbrido de física y psicología puesto que debería incluir la referencia a los propios estados mentales y anímicos del observador. La confusión sujeto-objeto determinaría la pérdida de la objetividad científica, e incluso en ocasiones del sentido común que lleva a considerar lo que sucede en el mundo a lo largo de la historia como *real* en el más cotidiano sentido de la palabra. Los dos textos de Bunge y Popper que a continuación se citan son una muestra, quizá exagerada pero desde luego elocuente, de lo que acabo de indicar.

«Algunos físicos —dice Bunge— (...) han creído que la refutación experimental de las desigualdades de Bell conlleva la refutación del realismo. Esta afirmación es insostenible. (...) El experimentador no crea las cosas con solo imaginarlas, sino que manipula y modifica cosas en sí con la ayuda de teorías que no incluyen referencia alguna a sus propios estados mentales»¹.

Popper, por su parte, llega a afirmar que, entre los muchos argumen-

tos que existen para defender el realismo, los hay incluso éticos ya que «el ataque al realismo, aunque intelectualmente interesante e importante, es bastante inaceptable, sobre todo después de dos guerras mundiales y del sufrimiento real que produjeron inexcusablemente; y me parece que cualquier argumento contra el realismo que se base en la moderna teoría atómica —en la mecánica cuántica— debe ser silenciado por el recuerdo de la realidad de los acontecimientos de Hiroshima y Nagasaki»².

Desde luego creo que, si situarse en una posición no-realista significara sostener que el investigador crea las cosas con sólo imaginarlas o que el sufrimiento producido por el lanzamiento de la bomba atómica en la segunda guerra mundial no es real, creo digo, que no habría un solo científico que no se declarara apasionadamente realista. Pero prescindiendo de este tipo de planteamientos, que más bien se aproximan a una caricatura, lo que en el fondo se está dirimiendo es sin duda algo de gran importancia. Me refiero a cuestiones tales como las siguientes: cuál es el papel que hay que atribuir al sujeto en el establecimiento y conocimiento de la realidad física o incluso si debe atribuirsele alguno, en qué medida el sujeto forma parte del proceso de objetivación científica o si por el contrario la objetividad en sentido estricto excluye toda referencia a aquél, hasta qué punto es posible fundamentar la existencia continua de una realidad exterior al sujeto e independiente de él o bien si ésta no exige fundamentación alguna, etc. En definitiva lo que está en juego es el ideal de una ciencia sin sujeto, o sea, el ideal de un conocimiento objetivo acerca de lo real que no contemple la intervención de éste.

En el contexto de la mecánica cuántica ha sido frecuente interpretar la posición realista como aquella que defiende este ideal de ciencia sin sujeto, en tanto que la no-realista en sus diferentes acepciones (fenomenismo, idealismo, positivismo, subjetivismo, etc.) como la que se opone a él en nombre de la necesidad ineludible de contar con el sujeto-observador en el proceso de descripción del mundo microfísico; y en particular así es como se ha enfocado la polémica Einstein-Bohr. Sin embargo, como trataré de poner de manifiesto en las páginas que siguen, hay fundadas razones para poner en duda que el gran defensor de la interpretación realista de la mecánica cuántica, Albert Einstein, aspirara a este ideal de una ciencia sin sujeto, de modo que su polémica con Bohr tenga como núcleo central su eliminación o no del ámbito del conocimiento científico objetivo.

En concreto me propongo demostrar lo siguiente:

1. Einstein mantiene una posición epistemológica abiertamente *apriorista* de modo que el papel de la razón no se limita a combinar y enlazar

1. BUNGE, (1985), p. 158.

2. POPPER, (1985), p. 26.

el material sensible dado, sino que éste ha de ser «ordenado» para que pueda ser «comprendido» con elementos que la razón forma por sí misma con independencia de la experiencia.

2. En virtud de su apriorismo, Einstein no puede fundamentar la existencia de un mundo exterior real si no es mediante la intervención del sujeto que «crea» el concepto de *objeto material* y le atribuye una realidad no reductible al conjunto de impresiones sensoriales.

3. Las afirmaciones de Einstein, por otro lado muy conocidas, en las que se refiere a una realidad independiente de la experiencia e inaccesible a ella son consecuencia, no de su *credo epistemológico*, sino de su *credo metafísico-religioso*, estando éste último en abierta contradicción con el anterior.

4. El núcleo central de la polémica que Einstein mantuvo con la Escuela de Copenhague estriba fundamentalmente, no en la eliminación del sujeto, sino en el modo de objetivación de la experiencia. Lo que se discute es si la ordenación de lo percibido en la mecánica cuántica puede seguir realizándose desde el concepto de «objeto material» de la física de Newton o de Maxwell, o dicho de otro modo, si los átomos son «objetos» en el mismo sentido que lo son los cuerpos a nivel mesofísico o macrofísico —tal como parece entender Einstein—, o bien si exigen un sentido nuevo e incompatible con el anterior que pondría en entredicho nuestras convicciones más arraigadas con respecto a la noción de realidad física —tal como defienden los físicos de la Escuela de Copenhague—.

La consecuencia que puede extraerse de todo ello es que es el concepto de *objeto material* el que está en litigio, resultando que es Einstein el que puede, o al menos desea, garantizar el concepto clásico gracias al papel que atribuye al sujeto en el conocimiento de la realidad física, en tanto que los físicos de Copenhague, cuyo sujeto ha quedado reducido a la condición de mero observador físico, diluyen los objetos físicos en situaciones experimentales que no garantizan su realidad continua y permanente.

Abordaremos a continuación el punto 1.º en el epígrafe 1.º, los puntos 2.º y 3.º en el epígrafe 2.º y el punto 4.º en el epígrafe 3.º.

1. Ciencia natural y epistemología

En términos generales podríamos decir que la cuestión acerca de *qué es la realidad física* depende de cómo se responda a la cuestión acerca de *qué es el conocimiento*; o dicho de otro modo, el problema del objeto de la ciencia natural no puede abordarse al margen de la epistemología. Así lo entendió Einstein, quien en numerosas ocasiones reivindicó el derecho del físico a pronunciarse sobre cuestiones epistemológicas e incluso llegó a afirmar que «la epistemología sin contacto con la ciencia se convierte

en un esquema vacío; la ciencia sin epistemología es primitiva y confusa»³.

El tema fundamental que se planteará dentro de este ámbito se refiere a la relación entre teoría y experiencia, entre lo racional y lo empírico⁴. Einstein afirma rotundamente que «todo conocimiento de la realidad comienza en la experiencia y desemboca en ella», «la experiencia es el alfa y el omega de todo nuestro conocimiento de ella»⁵. Sin embargo, nada deriva lógicamente de ella; es tarea de la razón la formación de conceptos y proposiciones, que no se abstraen ni se infieren de lo dado en las sensaciones; no hay un camino lógico que lleve de las impresiones sensibles a los conceptos sino que éstos son libre creación de la mente humana. Y esto se hace extensivo incluso a aquellos conceptos que Kant consideró de origen empírico, con lo que se diluye ahora la distinción entre empírico y *a priori* referida a éstos últimos.

«Kant, absolutamente persuadido de que ciertos conceptos son imprescindibles, teníalos por premisas necesarias de todo pensamiento, distinguiéndolos de los conceptos de origen empírico. Yo estoy convencido, sin embargo, de que esta distinción es errónea o, en cualquier caso, de que no aborda el problema con naturalidad. Todos los conceptos, incluso los más próximos a la experiencia son, desde este punto de vista lógico, supuestos libres»⁶.

No sólo los conceptos, sino también las proposiciones generales o leyes y todo cuanto constituye el contenido de una teoría científica es, en opinión de Einstein, el resultado exclusivo del trabajo de la razón, no derivado en ningún caso de la experiencia. En la construcción de una teoría científica, el físico parte de las impresiones sensibles puesto que éstas son las que necesitan ser comprendidas y explicadas, formula una serie de hipótesis que constituyen el sistema de axiomas del que se deducirán consecuencias contrastables empíricamente, deduce estas consecuencias y finalmente las contrasta con la experiencia, lo cual le permite no tanto «confirmar» cuanto «invalidar» —en términos de Popper «falsar»— un conjunto de hipótesis⁷. La lógica de la ciencia es únicamente deductiva, de modo que sólo cabe hablar de dos tipos de nexos: uno lógico deductivo y otro psicológico intuitivo, siendo éste último el que interviene en la formación del sistema de axiomas, del conjunto de hipótesis que «parten de» la experiencia pero no «derivan de» ella.

«No existe un método inductivo que nos conduzca a los conceptos

3. EINSTEIN, (1949 b), p. 684.

4. Atenderemos al planteamiento que Einstein hace acerca de la relación entre lo racional y lo empírico fundamentalmente en: EINSTEIN (1933), EINSTEIN (1936), EINSTEIN (1940), EINSTEIN (1944) y EINSTEIN (1949 a).

5. EINSTEIN, (1933), p. 243.

6. EINSTEIN, (1949 a), p. 18-19.

7. Ver HOLTON, (1982 b).

fundamentales de la física. La imposibilidad de comprender este hecho constituyó la base del error filosófico de muchos investigadores del siglo pasado. (...) El pensamiento lógico es necesariamente deductivo; se basa en conceptos hipotéticos y en axiomas»⁸.

Resulta problemático el uso, por otro lado muy frecuente, que hace Einstein del término «intuición» para referirse al «salto» que conduce del mundo de las experiencias sensoriales al de los conceptos. No parece atribuirle un significado filosófico preciso sino que alude simplemente al proceso de «inspiración» no racional por el que surge en la mente del científico una posible solución ante un problema determinado, de modo semejante a como se le ocurren al paciente lector de las páginas de pasatiempos de los diarios las respuestas a un crucigrama. Esta comparación nos conduce a una cuestión fundamental. Como consecuencia de lo dicho, Einstein no puede por menos de caracterizar la ciencia como «una creación del espíritu humano con sus ideas y conceptos libremente inventados»⁹. Pero libremente inventados no significa arbitrariamente inventados; «la libertad de elección no se asemeja a la libertad de un escritor de obras de ficción. En rigor se parece a la de un hombre empeñado en resolver un crucigrama bien pensado: aunque podría proponer cualquier palabra como posible solución, sólo *una* palabra es la que le permitirá resolver el crucigrama con acierto. Es materia de fe que la naturaleza —tal como es percibida por los cinco sentidos— asume las características de un crucigrama bien pensado. Los éxitos que hasta el presente ha cosechado la ciencia otorgan una cierta base para mantener esa fe, sin duda alguna»¹⁰. En otro momento dice que «el mundo de los fenómenos determina unívocamente el sistema teórico, a pesar de que no existe puente lógico entre los fenómenos y sus principios teóricos. Esto es lo que Leibnitz, con una feliz expresión, ha definido como *armonía preestablecida*»¹¹.

La experiencia sensible limita el abanico de posibilidades de elección de los conceptos y leyes que han de explicar y hacen inteligible dicha experiencia. Se trata pues de una elaboración sin fundamento lógico, pero no caprichosa. De lo contrario la ciencia, en cuanto obra de la razón, no guardaría la menor relación con la experiencia; entre lo racional y lo empírico no habría correspondencia alguna.

«Todo nuestro pensamiento es un juego libre de conceptos; la justificación del juego reside en el *grado de comprensión* que con su ayuda podemos adquirir sobre las experiencias de los sentidos»¹².

8. EINSTEIN, (1936), p. 276.

9. EINSTEIN-INFELD, (1938), p. 250.

10. EINSTEIN, (1936), p. 265.

11. EINSTEIN, (1918), p. 201.

12. EINSTEIN, (1949 a), p. 14. (El subrayado es nuestro).

¿A qué se denomina «comprender»? ¿Cuál es exactamente el papel que cabe atribuir a lo racional con respecto a lo empírico? La pregunta puede ser respondida a dos niveles. En primer lugar Einstein atribuye a lo racional el papel de «elemento ordenador» de lo empírico.

«Comprensibilidad (...) implica la *creación de cierto orden en las impresiones sensoriales*; un orden que se produce por la creación de conceptos generales, de relaciones entre dichos conceptos y de relaciones definidas de cierta clase entre los conceptos y la experiencia sensorial. En ese sentido es comprensible el mundo de experiencias sensoriales»¹³.

Einstein continua diciendo que no se puede afirmar nada *a priori* con respecto al modo como esos conceptos deben formarse y conectarse con la experiencia sensorial; esta conexión sólo se establece por vía intuitiva, no siendo posible considerar a esos conceptos como principios ordenadores *necesarios y definitivos* de la experiencia. De ahí que sostenga que «no existen categorías últimas en el sentido que Kant adjudicara a este término».

Pero en un segundo nivel esta ordenación de lo empírico debe hacerse atendiendo a un principio de economía lógico, es decir, mediante el menor número posible de elementos racionales.

«El objetivo último de la ciencia es una comprensión tan *completa* como sea posible de la conexión entre las experiencias sensoriales en su totalidad y el logro de ese objetivo *mediante el uso de un mínimo de conceptos primarios y de relaciones*. Se busca, en la medida de lo posible, una unidad lógica en la imagen del mundo, es decir, parvedad en los elementos lógicos»¹⁴.

Einstein tiene una concepción piramidal de la ciencia y en general del conocimiento según la cual, la más humana de las tareas, a saber, la aspiración a hacer inteligible lo que se presenta ante nosotros, consiste en partir de una ancha base de datos sensibles carentes de todo orden racional (¿el «caos de sensaciones» del que hablaba Kant?) y acceder a unos conceptos y leyes, mínimos en número y lógicamente independientes, de los que podamos deducir el mundo de la experiencia en su totalidad. Lo que hace de la ciencia un edificio siempre provisional y sometido a revisión es el hecho de que ningún puente lógico nos franquea el paso desde el nivel de la experiencia al de los conceptos. Ante el eterno dilema apriorismo-empirismo, es claro que Einstein ha de situarse en una posición contraria con respecto a quien «induce a creer que todos los conceptos y proposiciones que no pueden deducirse de la materia prima sensorial, deben eliminarse del pensamiento por su carácter *metafísico*»¹⁵. Este es el caso de Hume o Mach, autores con los que, sin embargo, siempre re-

13. EINSTEIN, (1936), p. 263.

14. *Ibid.*, p. 264.

15. EINSTEIN, (1944), p. 20.

conoció su deuda¹⁶. Crítica asimismo el fatídico «miedo a la metafísica» convertido en una «enfermedad de la filosofía empírica contemporánea» que lleva a rechazar todo concepto o proposición no inferible de la experiencia. En este sentido cabe considerarle como un apriorista si por *a priori* se entiende lo lógicamente independiente de la experiencia¹⁷.

Partiendo de una posición epistemológica como la aquí brevemente expuesta, la cuestión que ahora se plantea es cómo entender la noción de «realidad exterior e independiente del sujeto», en qué medida el apriorismo de Einstein permite fundar la exterioridad en sentido estricto. Ello naturalmente incide de forma directa sobre qué sea o a qué denominamos «objeto físico».

2. La noción de «realidad física»

No es infrecuente encontrar en Einstein expresiones como éstas:

«La física es un esfuerzo por aprehender conceptualmente la realidad como algo que se considera independiente del ser percibido. En este sentido se habla de lo *físicamente real*»¹⁸.

«La creencia en un mundo exterior e independiente del sujeto que percibe es la base de toda la ciencia natural. No obstante, dado que la percepción sensorial sólo brinda una información indirecta de ese mundo exterior o *realidad física*, únicamente podemos captar ésta última por medios especulativos»¹⁹.

Margenau²⁰ señala comentando este texto que en él se distingue entre un *mundo exterior*, la *percepción de ese mundo exterior* por el observador y nuestra *noción* de ello. Ahora bien, ¿cómo pasamos de la *noción* de un mundo exterior a la afirmación de que *existe* con independencia del sujeto? ¿Que significa *exterioridad*? En el escrito de 1936 titulado «Física y Realidad» Einstein aborda la cuestión del modo siguiente.

«Creo que el primer paso para el establecimiento de un *mundo exterior real* es la formación del concepto de objetos materiales y de objetos materiales de distintos tipos. De entre la multitud de experiencias sensoriales, mental y arbitrariamente escogemos ciertos conjuntos de impresiones sensibles que se repiten y relacionamos con ellos un concepto: el de objeto material. Si lo consideramos desde el punto de vista lógico, veremos que este concepto no es idéntico a la totalidad de las impresiones sensoriales que a él se refieren; se trata de una libre creación de la mente humana. (...)

16. Ver HOLTON, (1982 a).

17. EINSTEIN, (1944), p. 19.

18. EINSTEIN, (1949 a), p. 77.

19. EINSTEIN, (1931), p. 238.

20. MARGENAU, (1949), p. 248-249.

El segundo paso nos lleva a considerar que, en nuestro pensamiento, atribuimos a ese concepto de objeto material una significación que en muy alto grado es independiente de las impresiones sensoriales que originalmente lo han conformado. A esto hacemos referencia cuando atribuimos al objeto material *una existencia real*»²¹.

Analicemos estos dos pasos. En primer lugar Einstein afirma que para el establecimiento de un *mundo exterior real* es necesario la formación del concepto de *objeto material*, el cual (como todo concepto) es una libre creación de la mente humana. En contra de lo que defendería un empirista, aquí se sostiene que un objeto material no es un conjunto de impresiones sensibles *dadas* sino un concepto *puesto* por la mente que nos permite «orientarnos en el laberinto de impresiones sensoriales», o sea, introducir un orden que las haga inteligibles, que permita «comprenderlas». Son los conceptos en definitiva, lógicamente independientes de la experiencia, los que determinan la posibilidad de *objetos*, e incluso de la *experiencia* misma, entendiéndolo por tal un conjunto organizado de impresiones sensibles. El más escrupuloso kantiano estaría satisfecho con este punto de vista, a excepción de que esos conceptos sean considerados como libre invenciones. Y son estos «objetos materiales», o como los denomina Lenzen, estos «objetos conceptuales»²², los que se convertirán en la realidad externa e independiente del sujeto. Recordemos al respecto el segundo paso del texto citado: atribuimos significación independiente de las impresiones sensoriales al concepto de objeto material que ha nacido como una construcción de la mente para ordenar dichas impresiones, y a continuación ya podemos afirmar que tiene existencia real, o sea, existencia externa.

Pero podríamos preguntarnos si tal atribución de existencia independiente al objeto material no es en Einstein, en primer lugar ilegítima, y en segundo lugar innecesaria. La existencia externa no es en este autor una idea que derive de las impresiones sensibles —a diferencia de lo que defendería un empirista al modo de Hume²³— de modo que lo existente se identifique con lo percibido. Se trata de un concepto de la mente y como tal debe su significado y su justificación a las impresiones sensoriales. Einstein, al igual que Kant, no admite la validez del uso de los conceptos más allá de la experiencia; por el contrario, reiteradamente afirma que éstos sólo adquieren contenido en su conexión con la experiencia sensorial. En definitiva, por tanto, desde sus presupuestos epistemológicos, sólo cabe atribuir existencia a las impresiones sensoriales ordenadas bajo la

21. EINSTEIN, (1936), p. 262.

22. LENZEN, (1949), p. 361.

23. Ver HUME: *Tratado sobre la naturaleza humana*, Libro I, Parte II, Sección VI: «De las ideas de existencia externa».

forma de un concepto, el concepto de objeto, pero sin que quepa hablar de un mundo trascendente e independiente de las impresiones mismas.

Digo además que es innecesario, y en ello coincido con la opinión de Lenzen²⁴, el cual señala acertadamente que Einstein nunca introduce esa realidad externa independiente como la causa de las sensaciones, con lo que no se ve por qué la ciencia física, que se refiere a un mundo empírico, necesitaría una realidad más allá de la experiencia. Sobre él no parecen pesar las razones que llevaron a Kant a mantener su problemática «cosa en sí» como causa desconocida de nuestras sensaciones.

¿Por qué entonces insistió a lo largo de toda su vida (o mejor, a partir de la década de los veinte) en la necesidad de afirmar una realidad externa? ¿Qué fundamento tenía la atribución del concepto de «existencia» a un mundo independiente de las impresiones sensoriales? Digámoslo pronto: no tiene más fundamento que el que tiene una *creencia*. ¿Creencia en qué? En que «la naturaleza es la realización de las ideas matemáticas más simples que se pueda concebir», en que «lo lógicamente simple es también real»²⁵, de modo que a través del «pensamiento puro», de las construcciones matemáticas es posible captar la realidad «en toda su profundidad». En una carta a Lanczos de 1938 Einstein se declara «un fiel racionalista, es decir, alguien que busca en la simplicidad matemática la única fuente fiable de verdad»²⁶. En este texto y en otros muchos parecidos ya no nos habla el físico sino que, como él mismo reconoce, nos habla el metafísico, o incluso en cierto sentido el hombre religioso. Con un marcado carácter pitagórico y neoplatónico Einstein manifiesta repetidas veces «creer» en un orden independiente de la experiencia e inaccesible a ella, que no es sino la realización de estructuras matemáticas²⁷ y que representa para el físico la posibilidad no sólo de conocer cómo es la Naturaleza «sino también [de] alcanzar en lo que sea posible la meta, quizá utópica y aparentemente arrogante, de conocer por qué la Naturaleza *es como es y no de otra manera* (...) Para mí —continúa diciendo— siempre se ha encontrado aquí el encanto particular de las consideraciones científicas; o dicho de otra forma, la base religiosa del esfuerzo científico»²⁸.

No es necesario señalar las resonancias keplerianas de este texto, pero sí conviene quizá recordar algo de lo que Einstein llamaba su «religión cósmica», no ligada a ningún Dios personal y que encuentra su razón de ser en el sentimiento de «asombro extasiado» que despierta en el científico la contemplación de la armonía natural. Sólo la aspiración a la Verdad justifica el inmenso esfuerzo que supone dedicar una vida a la inves-

24. LENZEN, (1949), p. 366.

25. EINSTEIN, (1933), p. 245-246.

26. Carta de Einstein a Lanczos, 24-2-1938; citada por HOLTON, (1982 a), p. 196.

27. Ver WENZL, (1949), p. 603.

28. Citado por HOLTON, (1982 a), p. 197-198.

tigación científica, pese a que esa Verdad con mayúsculas no es sino un «límite ideal del saber al que se aproxima el entendimiento humano» sin llegar jamás.

Las siguientes palabras de Einstein, pronunciadas a lo largo de una conversación con Rabindranath Tagore en 1930, resumen perfectamente sus convicciones «religiosas» que desbordan ampliamente los márgenes de sus planteamientos epistemológicos. El diálogo comenzó en torno a si la naturaleza del Universo debe concebirse como una unidad dependiente o independiente del hombre. Tagore sostenía que ni la Verdad ni la Belleza son independientes del hombre, en tanto que Einstein negaba que ello fuera válido con respecto a la Verdad.

«No puedo demostrar que la verdad científica deba concebirse como verdad válida independientemente de la humanidad, pero lo *creo* firmemente. (...) *Si existe una realidad independiente del hombre*, también existe una verdad relativa a esa realidad; y del mismo modo la negación de aquella engendraría la negación de la existencia de ésta. (...) Nuestro punto de vista natural respecto a la existencia de la verdad al margen del factor humano, no puede explicarse ni demostrarse, pero es una creencia que todos tenemos, incluso los seres primitivos. Atribuimos a la Verdad una objetividad sobrehumana y *nos es indispensable esa realidad que es independiente de nuestra existencia, de nuestras experiencias y de nuestra mente*, aunque no podamos decir qué significa. Ante la insistencia de Tagore de ligar la verdad y la realidad a la existencia de la mente, Einstein termina casi recriminándole: «¡Entonces, yo soy más religioso que Vd.!»²⁹.

Con lo dicho hasta aquí se observa que Einstein habla de una «realidad exterior» a dos niveles, que podríamos llamar «físico-epistemológico» y «metafísico-religioso».

Volvamos al primer nivel en el que se parte de las impresiones sensoriales a las que se vincula el concepto de objeto material entendido como un concepto *a priori*; a los objetos materiales así contruidos se les atribuye una significación independiente de las propias impresiones sensoriales en cuanto que, pese a ser creaciones mentales libres, «nos parecen más sólidos e inalterables que la experiencia sensorial individual en si misma, a la que jamás se le puede garantizar por completo que no sea una ilusión o fruto de una alucinación»³⁰. Nos hallamos ante una arraigada posición filosófica que distingue entre la colección de *impresiones sensibles* carentes de toda estabilidad y fijeza y los *objetos materiales* que poseen un principio de unidad y de permanencia que radica no en ellos mismos sino en el sujeto que conoce: en un concepto puro del entendimiento o en un concepto libre creación de la mente, por poner dos casos conocidos.

29. «Conversación entre Tagore y Einstein en Kaputh, 14-7-1930». En: PRIGOGINE, (1983), p. 41-43. (El subrayado es nuestro).

30. EINSTEIN, (1936), p. 262.

La unidad e identidad de un cuerpo físico radica en el sujeto que percibe y no en las impresiones percibidas. ¿Por qué hacer intervenir la razón, por qué no conformarnos con lo dado a través de los sentidos al modo empirista o positivista? Porque, en contra de lo que Einstein aprendió de Mach, el conocimiento científico no se constituye sobre la base del mero enlace de sensaciones provisionales y cambiantes carentes de toda estabilidad y permanencia, porque las leyes naturales no son generalizaciones de significación meramente biológica, porque la ciencia no estudia conjuntos de sensaciones sino objetos, y éstos no se reducen a aquellos³¹. Más aún, Einstein piensa que ese mundo de sensaciones no puede ser «comprendido», es decir «ordenado» de forma inteligible, si no es mediante conceptos no derivados lógicamente de él; de ahí la necesidad ineludible de superar el empirismo. Lo sorprendente desde luego es que «la totalidad de nuestras experiencias sensoriales puedan ser puestas en orden mediante un proceso mental: este hecho en sí tiene una naturaleza que nos llena de reverente temor, porque jamás seremos capaces de comprenderlo por completo. Bien se podría decir que *el eterno misterio del mundo es su comprensibilidad*»³². O quizá una asombrosa «armonía preestablecida» rige el mundo del pensamiento y el mundo de los fenómenos³³.

En cualquier caso y como resultado de la labor constructiva de la mente en orden a explicar el material aportado por los sentidos, nos hallamos ante un orden de «realidad existente» que no se identifica con la «realidad experimentada». El «esse est percipi» de Berkeley es insostenible ya que «*ser es siempre algo que es mentalmente construido por nosotros, esto es, algo que es puesto libremente (en sentido lógico)*. La justificación de tal constructo no reside en su derivación de lo que es dado por los sentidos. (...) La justificación del constructo, que representa para nosotros la *realidad* reside únicamente en su cualidad de hacer inteligible lo que es sensorialmente dado»³⁴.

«La actitud teórica aquí defendida es distinta de la de Kant sólo en el hecho de que nosotros no concebimos las «categorías» como inalterables (condicionadas por la naturaleza del entendimiento) sino como libres convenciones (en sentido lógico)»³⁵.

«No me he criado en la tradición kantiana, pero he llegado a comprender el verdadero valor que se encuentra en su doctrina. (...) Esta con-

31. MACH, (1905), Cap. «Sinn und Wert der Naturgesetze». MACH, (1918), Cap. 1. «Antimetaphysische Vorbemerkungen».

32. EINSTEIN, (1936), p. 262-263.

33. EINSTEIN, (1918), p. 201. Ver LENZEN, 1949, p. 363 y 384.

34. EINSTEIN, (1949 b), p. 669.

35. *Ibid.*, p. 674.

tenido en la sentencia: *Lo real no nos es dado, sino puesto por nosotros* (“aufgegeben”)³⁶.

La realidad existente no se identifica con la realidad percibida, pero ello no significa que aquella sea algo «más allá» de ésta. La realidad existente no es algo independiente del sujeto sino construida por él en el sentido ya expuesto. Luego, cuando Einstein nos habla de realidad en un sentido trascendente, no lo hace desde sus concepciones epistemológicas sino desde ese otro orden metafísico-religioso que parece imponérsele como una creencia ineludible, como una convicción necesaria desde el punto de vista *estético*, pero no *científico*.

3. La mecánica cuántica: una nueva forma de objetivar la experiencia

Si las cosas son tal y como he expuesto hasta aquí, si la noción de «realidad independiente del sujeto» en Einstein debe ser matizada en un sentido mucho menos radical del que con frecuencia se ha presentado, no puede enfocarse su polémica con Bohr, y en general con los partidarios de la Escuela de Copenhague, como una polémica centrada en la eliminación o no del sujeto del ámbito del conocimiento científico objetivo. Tal como he indicado al comienzo de estas páginas, lo que la mecánica cuántica ha obligado a revisar es la noción de objeto material aplicada al mundo atómico, la posibilidad de mantener, a nivel microfísico, la ordenación de las impresiones sensoriales bajo el concepto de «objeto» acuñado a nivel mesofísico o macrofísico por la física clásica.

Bajo la defensa de la interpretación realista de la ciencia emprendida por Einstein desde la aparición del formalismo cuántico hasta su muerte, subyace precisamente *la necesidad de mantener ese concepto clásico de objeto físico*, o dicho de otro modo, de no renunciar al tipo de objetivación de la experiencia que ha caracterizado al pensamiento físico desde Newton y que en nuestro siglo se ve seriamente amenazado. Ahora bien, ¿en qué consistía dicho concepto? ¿cuáles eran para Einstein sus características definitorias? Nos estamos preguntando ahora, no por su origen *a priori* o empírico, sino por su contenido, o si se prefiere, por los requisitos sin los cuales «algo» dado no llegaría a convertirse en «objeto» posible de ciencia. Nuestro autor nunca se refirió explícita y sistemáticamente a estos requisitos o condiciones de la objetividad científica; sin embargo, del conjunto de sus posiciones defendidas durante aproximadamente treinta años, cabe extraer claramente cuatro:

1. Un objeto físico es un sistema individual con un *principio de unidad y continuidad* que lo hace irreductible a lo que de él conocemos a través

36. *Ibid.*, p. 680. (El subrayado es nuestro).

de los procesos de observación y medida. La conceptualización de las impresiones sensibles garantiza que lo existente no se identifique con lo percibido.

2. Todo objeto físico real está *localizado en el espacio y en el tiempo*, por lo que una teoría física no puede renunciar a su representación dentro de ese marco.

3. Un objeto físico «*tiene*» *propiedades estrictamente determinadas*, que deben quedar adecuadamente expresadas en la teoría; si ésta no es capaz de dar razón de todas y cada una de ellas, diremos que la teoría es incompleta. De entre estas propiedades destacan por su importancia dos: posición y velocidad, en las cuales Laplace basó su principio determinista.

4. La realidad física obedece a una estricta *ley de causalidad*; es impensable una Naturaleza cuyo comportamiento se asemeje a una partida de dados.

5. Los sistemas físicos individuales son *separables*, esto es, son independientes en la medida en que están especialmente separados.

Como resultado de estos supuestos un objeto físico es autónomo, tanto con respecto a los demás objetos físicos, como con respecto a los instrumentos y procesos de observación y medida; la distinción sujeto-objeto no es ni arbitraria ni convencional. Pues bien, lo peculiar y también lo inquietante de la teoría cuántica es que se ha construido sobre la base de tener que negar su validez a todos y cada uno de estos requisitos considerados por Einstein y por todos los físicos clásicos como indispensables a toda objetividad científica. Veámoslo brevemente.

1. En la mecánica clásica era posible garantizar la existencia continuada de los objetos físicos —partículas materiales o átomos— con independencia de su observabilidad debido a la homogeneidad entre los estados observados y los estados que acontecen entre dos observaciones. En la medida en que podían ser representados como *procesos continuos* en el espacio y en el tiempo, su existencia no iba ligada a los actos puntuales de observación o medición. Aunque Hume había criticado el fundamento de tal existencia continua, la verdad es que su crítica no había producido la menor impresión ni sobre los físicos de su época ni sobre los físicos posteriores. Todo acto de medición introduce una modificación en aquello que se mide, pero en el contexto de la mecánica clásica esta modificación es despreciable debido a que puede considerarse como continua o infinitamente reductible al no existir un límite mínimo teórico que impida su progresiva disminución. En el contexto de la mecánica cuántica, sin embargo, la existencia del cuanto de acción implica una interacción entre el objeto y el aparato de medida que no es posible reducir infinitamente y, por tanto, no es posible eliminar. Lo supuestamente real varía según sea observado o no, lo que obliga a plantear problemas filosóficos de primera importancia tales como la pertinencia de referirse a una reali-

dad independiente de la observación, el sentido o sin-sentido de tratar de averiguar cómo es el mundo cuando no es observado, la conveniencia de que la física se limite a magnitudes observables y, en definitiva, la presumible inevitabilidad de tener que concebir los objetos físicos reales en unas circunstancias dadas que incluyen, no sólo aquello que se desea observar y conocer, sino toda la situación experimental.

De ahí que Bohr hable de «la imposibilidad de toda separación clara entre el comportamiento de los objetos atómicos y su interacción con los aparatos de medida que sirven para definir las condiciones bajo las cuales se manifiesta el fenómeno», entendiéndolo por *fenómeno* «las observaciones obtenidas en circunstancias específicas, incluida la descripción de todo el dispositivo experimental». «La interacción finita entre el objeto y los aparatos de medida, consecuencia de la existencia del quantum de acción, implica —debido a la imposibilidad de controlar la reacción del objeto sobre los instrumentos de medida— la necesidad de renunciar definitivamente al ideal clásico de causalidad y de revisar a fondo nuestra actitud frente al problema de la realidad física»³⁷.

Para Bohr y la Escuela de Copenhague la *realidad física* es el conjunto de fenómenos definidos desde la interacción objeto observado-aparato de observación-observador, sin que sea posible la división del mundo en sistemas parciales o individuales perfectamente definidos y delimitados con respecto al resto e independientes de las condiciones experimentales en las que se dan. Lo real es lo observable, y como la observación no es un proceso ininterrumpido, la descripción sólo puede ser discontinua, sin que el físico sea capaz de responder a la pregunta por lo que sucede «realmente» entre dos observaciones.

«Si queremos describir lo que sucede en un acontecimiento atómico —nos dice Heisenberg—, debemos comprender que el término «sucede» sólo puede aplicarse a la observación, no al estado de cosas entre dos observaciones»³⁸.

Se trata de un punto de vista empirista coherente que rechaza la introducción en física de toda referencia a lo no-observable, actitud a la que necesariamente tenía que oponerse el racionalista Einstein. Pauli resume perfectamente las distintas posiciones en una carta a Born de 1954:

«En las conversaciones con Einstein he visto que no acepta la premisa, esencial para la mecánica cuántica, de que *el estado de un sistema se define solamente por especificación de una ordenación experimental*. (...) Einstein tiene el prejuicio «filosófico» de que (para los cuerpos macroscópicos) se puede definir «objetivamente» un estado llamado «real» en *cualquier* circunstancia, o sea *sin* especificar la ordenación experimental utilizada para examinar el sistema (de los macrocuerpos) o al cual se «so-

37. BOHR, (1949), p. 210 y 238.

38. HEISENBERG, (1956), p. 39.

mete» el sistema. Me parece que la discusión con Einstein puede reducirse a la hipótesis que yo llamo la idea (o el «ideal») del «observador desligado». Pero para mí y otros representantes de la mecánica cuántica hay bastantes pruebas experimentales y teóricas contra la practicidad de ese ideal»³⁹.

2. En relación con lo anterior está el hecho de que la mecánica cuántica de Heisenberg haya renunciado a la representación de los fenómenos físicos en un espacio y en un tiempo continuos. El problema arranca de la imposibilidad de considerar el desplazamiento de los electrones dentro de los átomos como una trayectoria continua a partir del modelo atómico cuántico de Bohr. En sus *Diálogos sobre física atómica*, Heisenberg reproduce una conversación con Einstein que tuvo lugar en la Universidad de Berlín en la primavera de 1926, en la que ya entonces éste último lamentaba que se hubieran suprimido las órbitas de los electrones en los átomos y reclamaba una descripción más exacta de lo que ocurre en el proceso de emisión de luz. En concreto pedía una explicación más completa del paso de una posición estacionaria del electrón a otra distinta, paso al que corresponde la modificación de un valor estacionario de energía a otro y la radiación de la diferencia energética en forma de «quanta» de luz (o fotones, según la denominación propuesta por Lewis en 1926).

La respuesta de Heisenberg es contundente: «Creo haber aprendido de Bohr que no se puede hablar en modo alguno de semejante paso con los conceptos tradicionales y que en todo caso *no podemos describirlo como un proceso en el espacio y en el tiempo*».

Y en otro momento afirma: «Los de Copenhague reconocíamos cuán difícil resultaría el convencer a los mejores físicos de que *había que renunciar efectivamente a una descripción espacio-temporal de los procesos atómicos*»⁴⁰.

3. En su principio de indeterminación de 1927 Heisenberg había establecido la imposibilidad de fijar con precisión el valor de las magnitudes conjugadas (posición-velocidad, energía-tiempo, entre otras) *simultáneamente* más allá del límite absoluto que representa la constante de Planck. En consecuencia no cabe asignar a la vez valores definidos de posición y velocidad, o de energía y tiempo, a los objetos de la física atómica. ¿Puede, sin embargo, pensarse que un sistema físico individual «tiene» tales magnitudes «antes de» y «con independencia de» toda medición, o bien sólo es posible atribuirselas como consecuencia del acto de medir? La posición de Einstein es clara al respecto:

«La partícula “libre” tiene realmente posición definida y momento definido, aunque ni la una ni el otro puedan ser determinados mediante mediciones en un caso individual». Reconoce, sin embargo, que la interpretación que prefieren los físicos es la que entiende que «la definición

39. EINSTEIN-BORN, (1971), p. 271-272.

40. HEISENBERG, (1969), p. 85 y 96. (El subrayado es nuestro).

perfecta de la posición de la partícula obtenida por mediación de la posición, no puede interpretarse como posición de la partícula *antes de* la medición. La ubicación exacta que aparece como consecuencia de la medición se produce sólo a consecuencia de la inevitable operación de medida. El resultado de la medición depende no sólo de la verdadera situación de la partícula sino también de la naturaleza del mecanismo de medición, que en principio es incompletamente conocido»⁴¹.

Desde el 5.º Congreso Solvay de 1927 hasta el final de sus días Einstein siempre luchó contra la «inevitabilidad» del principio de indeterminación y contra las consecuencias que de él extraían los físicos de Copenhague. Para ello diseñó ingeniosos experimentos mentales propuestos a Bohr en el 5.º y 6.º Congreso Solvay y rebatidos aún más ingeniosamente por el físico danés, en los que aquél trataba de probar la posibilidad, al menos teórica, de determinar simultáneamente el valor de las magnitudes conjugadas. En 1935 publicó un conocido artículo, junto con B. Podolsky y N. Rosen, en el que declara *incompleta* a una teoría en la que no se ven expresados todos los «elementos de la realidad física»⁴². Tal y como queda planteado el problema a partir de la década de los treinta, la disyunción es clara: o posición y velocidad (lo mismo cabría decir de cualquier otro par de magnitudes conjugadas) no tienen realidad simultánea, en cuyo caso la mecánica cuántica basada exclusivamente en parámetros observables es una teoría completa, o sí tienen realidad simultánea determinada, en cuyo caso la mecánica cuántica es una teoría incompleta que debería ser completada con una teoría de parámetros ocultos⁴³.

4. Una de las características comunes a buena parte de los teóricos cuánticos es haber renunciado a la Naturaleza como sistema determinista al modo laplaciano. La ley de causalidad no puede ser considerada como una ley necesaria; por el contrario hay fenómenos tales como la emisión de un electrón por parte de un átomo de radio, o el salto de un electrón de un estado estacionario a otro dentro de un átomo expuesto a la radiación, que no parecen obedecer a ley causal alguna. La Naturaleza misma, y no nuestro modo de conocerla, tiene un comportamiento probabilístico. Einstein siempre rechazó la interpretación estadística de Born afirmando que la función no describe el estado real de un sistema individual, sino de un conjunto de sistemas; lo que nos da son las probabilidades de valores individuales, sin que ello quiera decir que estos valores no estén determinados en sí mismos.

«Es verdad que lo que ocurre con el sistema esta totalmente sin acla-

41. EINSTEIN-BORN, (1971), p. 214. Ver también EINSTEIN, 1949 a, p. 78-79.

42. EINSTEIN-PODOLSKY-ROSEN, (1935).

43. Como señala Pais, Einstein nunca utilizó la expresión «variable oculta» en sus comunicaciones o cartas. PAIS, (1984), p. 457, nota 22.

rar, (...) pero yo pregunto: ¿existe realmente algún físico que crea que jamás llegaremos a tener una percepción de los importantes cambios que se producen en los sistemas únicos, de su estructura y de sus conexiones causales? (...) Es posible creer esto sin incurrir en contradicción desde el punto de vista lógico, pero resulta tan contrario a mi instinto científico que no puedo abandonar la búsqueda de una concepción más completa»⁴⁴.

En otro lugar afirma: «La mecánica cuántica es algo muy serio. Pero una voz interior me dice que de todos modos no es ese el camino. La teoría dice mucho, pero en realidad no nos acerca gran cosa al antiguo secreto. En todo caso estoy convencido de que El no juega a los dados»⁴⁵.

Su «instinto científico», una «voz interior» le dice a Einstein que la teoría cuántica no nos aproxima al «antiguo secreto», o sea, al descubrimiento de las estructuras matemáticas que gobiernan la Naturaleza, de esa armonía universal cuyo conocimiento acerca al científico al hombre religioso. Pero también ha de reconocer que en el estado actual de la ciencia, el programa cuántico es insustituible.

5. En el artículo anteriormente citado que Einstein publicó en colaboración con Podolsky y Rosen, sus autores trataban de mostrar la posibilidad de predecir con certeza el valor de la posición y velocidad de un sistema individual sin perturbar dicho sistema, lo que permitiría considerar a esas magnitudes como «elemento de realidad». Para ello planteaban un experimento mental en el que, a partir de un sistema S escindido en dos sistemas parciales S_1 y S_2 alejados espacialmente, sería posible, midiendo momento y posición de S_1 , calcular los valores correspondientes de S_2 , sin que nadie pueda pretender —pensaban ellos— que observando y midiendo S_1 , se modificase S_2 «a distancia». Quedaba así probado que S_2 tiene momento y posición *simultáneamente* «antes de» y «con independencia de» todo proceso de observación, que momento y posición son *elementos de realidad* y, en consecuencia, que la teoría cuántica no es una teoría completa.

Lo que interesa destacar aquí es el supuesto fundamental de este argumento, a saber, la *separabilidad* de los sistemas o independencia de los sistemas separados espacialmente, de modo que la perturbación originada por la medición sobre uno de ellos no puede transmitirse al otro. Einstein insistió a lo largo de sus últimos veinte años en la necesidad de este requisito para que algo pueda ser considerado «real», para que «siga siendo posible el pensamiento físico en el sentido usual», para que la división del mundo en partes o sistemas continúe siendo objetiva y, en definitiva, para que la constitución de los objetos físicos no se convierta en una convención.

44. EINSTEIN, (1936), p. 287.

45. EINSTEIN-BORN, (1971), p. 119.

«Lo que consideramos existente (real) tiene que estar localizado de algún modo en el tiempo y en el espacio. Es decir: lo que es real en una parte del espacio debe *existir* independientemente de lo que pensemos real en otra parte del espacio B. Si un sistema físico comprende las partes A y B, lo que tenemos en B debe tener una existencia en cierto modo independiente de A. Por eso, lo que existe realmente en B no debe depender del tipo de medición que hagamos en el espacio A, y debe ser también independiente de que hagamos o no mediciones en el espacio A. (...) Si renunciamos a suponer que aquello que existe en diferentes partes del espacio tiene existencia real independiente, no veo qué es lo que la física debe describir»⁴⁶.

Bohr se mostró contrario al criterio de Einstein por razones filosóficas ya desde su respuesta a E-P-R en 1935. Las pruebas experimentales de Bell (1965) y Aspect (1982) entre otros, han confirmado la posición del físico danés, por lo que el principio de no-separabilidad o no-localidad de los sistemas a nivel cuántico es hoy generalmente admitida.

Volvamos a la cuestión planteada al comienzo de este apartado: ¿sigue sirviendo el concepto de *objeto material* de la física tradicional para integrar en un marco inteligible el ámbito de «lo dado» a nivel cuántico? ¿Puede seguir considerándose rígida y perfectamente delimitada la división del mundo en partes a las que llamamos «objetos» y cuya descripción *completa* constituye la tarea del científico? La respuesta nos la da Heisenberg de una manera clara e inequívoca al relatar una conversación que tuvo lugar en Leipzig entre el físico C. F. von Weizsäcker, la filósofa kantiana G. Hermann y el propio Heisenberg:

«*Hermann*: La ciencia es objetiva porque no habla de percepciones sino de objetos. (...) [Un átomo] es un objeto. Sin objetos no hay ciencia objetiva. Y lo que el objeto es se determina por las categorías de substancia, causalidad, etc. Si Vd. renuncia al empleo riguroso de estas categorías, desiste de la posibilidad de la experiencia en cuanto tal.

Weizsäcker: En la teoría cuántica se trata de un nuevo modo de objetivar las percepciones, cosa que Kant no podía entonces adivinar. Toda percepción es referida a una situación de observación, que debe ser indicada si hemos de llegar desde la percepción a la experiencia. Hoy día no es posible ya objetivar el resultado de las percepciones en la forma que lo hacía la física clásica. (...)

Heisenberg: Si queremos inducir leyes a partir de los fenómenos atómicos, resulta que no podemos ya vincular regularmente procesos objetivos en el espacio y en el tiempo sino —para emplear una expresión más cuidadosa— situaciones de observación. (...) Kant no podía prever que en los campos de la experiencia que se encuentran más allá de la experien-

46. *Ibid.*, p. 207-208.

cia diaria no es ya posible llevar a cabo una ordenación de lo percibido según el modelo (...) del objeto; o bien, expresándolo con una fórmula sencilla, que *los átomos no son cosas u objetos. (...) Los átomos son parte de situaciones de observación*, partes que poseen un alto valor explicativo para un análisis físico de los fenómenos»⁴⁷.

Lo manifestado en este texto con respecto a Kant, podría aplicarse en cierto modo a Einstein. Lo que diferencia y separa a éste último de las opiniones de los de Copenhague, en el fondo, no es sino el modo como debe entenderse en microfísica la noción de «objeto». En resumen podríamos decir que para Einstein todo objeto físico consiste en un sistema individual no reductible a lo que conocemos de él a través de los procesos de observación y medida, que «tiene» magnitudes estrictamente determinadas y que ha de estar localizado en el espacio y en el tiempo, de lo que resulta su separabilidad o independencia de lo alejado espacialmente. La descripción completa de los objetos así definidos es lo que constituye «el espíritu programático de todo físico»⁴⁸. En definitiva, lo que convierte a «lo dado en las impresiones sensibles» en «objetos» es la atribución de un *principio de unidad y permanencia*, fruto del cual son las características mencionadas: posesión de propiedades o magnitudes con independencia de la observación, existencia continuada en el espacio-tiempo, separabilidad, etc. Pero no olvidemos que la atribución de dicho principio no tiene fundamento empírico sino que es obra del sujeto que forma libremente conceptos. Únicamente el producto de la razón es capaz de convertir las impresiones sensibles en objetos de conocimiento, sin los cuales, a su vez, no habría ciencia objetiva. Y esto ha de valer para los átomos o las partículas elementales como vale para los astros. De lo contrario la ordenación de las observaciones en el ámbito microfísico sería imposible, y con ello la propia teoría cuántica.

El punto de vista de la Escuela de Copenhague es exactamente contrario. Las «situaciones experimentales» fragmentarias han sustituido a los objetos permanentes; la realidad estable de los átomos se ha disuelto en un conjunto de circunstancias que incluyen el aparato de observación y el propio acto de observar como elementos inseparables de los *fenómenos*, sin que pueda trazarse una línea fronteriza entre la observación y lo observado. De ahí que los objetos físicos concebidos al modo clásico hayan perdido ahora tanto su independencia unos con respecto a otros —al perder su separabilidad—, como su existencia continua o sus propiedades permanentes al margen de toda medición.

Con frecuencia esta posición de la Escuela de Copenhague ha sido interpretada como si la inclusión de la situación experimental en la defini-

47. HEISENBERG, (1956), p. 151-153. (El subrayado es nuestro).

48. EINSTEIN, (1949 b), p. 667.

ción del fenómeno supusiera también la inclusión de la «mente» del observador con sus rasgos psicológicos e incluso espirituales. Así parece haberlo entendido Bunge, por ejemplo, cuando la juzga culpable de haber introducido en física procesos mentales, lo que llevado al límite, conduciría a tener que tomar en consideración el estado de ánimo de los físicos cuando llegan al laboratorio cada día. Ni Bohr, ni Born, ni Heisenberg, ni Pauli, han hecho intervenir la *mente* del observador; a quien han hecho intervenir es al observador en tanto que lleva a cabo un *acto físico* (no un acto psíquico) de medición.

«La teoría cuántica —dice Heisenberg— no contiene rasgos genuinamente subjetivos, no introduce la mente del físico como una parte del acontecimiento atómico». Y más adelante insiste: «Naturalmente no debe creerse que la introducción del observador implique la aparición de una imagen subjetiva en la descripción de la Naturaleza. Al observador sólo le corresponde más bien la función de registrar decisiones, es decir, procesos en el espacio y en el tiempo, y no tiene importancia el hecho de que el observador pueda ser un aparato o un ser humano»⁴⁹.

En este sentido creo que hay que dar la razón a Feyerabend cuando en su «Niels Bohr's world view» rechaza la acusación de subjetivismo que Popper lanza contra Bohr y afirma que éste último está interesado en la interacción entre sujeto y objeto, «pero sujeto en física no es para él la conciencia del observador sino el agente usado para la observación, esto es el instrumento material de medida (incluyendo el cuerpo del observador y sus órganos sensoriales). Desaparecen los límites en física, no entre la conciencia del observador y el mundo sino entre el fenómeno atómico y los agentes materiales de observación. Por lo tanto, ningún fantasma es preciso exorcizar de la mecánica cuántica»⁵⁰.

En definitiva, digamos para concluir que resulta absolutamente injustificado enfocar la polémica Einstein-Bohr (y en general las posiciones realistas y no-realistas respectivamente) como la contraposición entre dos concepciones que luchan, una por eliminar al sujeto del ámbito del conocimiento objetivo, y otra por sentarle en el centro. Es el apriorismo de Einstein quien precisa un sujeto lógico que fundamente la noción de realidad física y el conocimiento de esa realidad. Al empirismo de la Escuela de Copenhague le basta un observador en sentido físico y, en esa medida, es ella la que no necesita de un sujeto en sentido estricto, o si se prefiere le basta un sujeto empírico que se limita a registrar datos y procesos. En cualquier caso no cabe duda que Einstein hace jugar al sujeto cognoscente un papel mucho más definido y mejor estudiado que Bohr, cuya ca-

49. HEISENBERG, (1956), p. 40 y 114.

50. FEYERABEND, (1981), p. 280.

51. BUNGE, (1985), p. 159.

rencia más notable es haber omitido toda referencia a éste, no en tanto que observador, sino en tanto que agente constructor de conceptos y teorías. La pretensión de Bunge de interpretar la teoría cuántica —o cualquier otra— «sin referencia alguna al sujeto cognoscente» ni sería compartida por Einstein ni es posible⁵¹.

BIBLIOGRAFIA

- BUNGE, M. (1985). *Racionalidad y Realismo*. Madrid Alianza Editorial.
- BOHR, N. (1949). «Discussion with Einstein on Epistemological Problems in Atom Physics». In: P.A. Schilpp (ed.). *Albert Einstein Philosopher-Scientist*. Evanston, Illinois: The Library of Living Philosophers, vol. 1.º, pp. 199-241.
- EINSTEIN, A. (1918). «Motiv des Forschens». *Zu Max Plancks 60. Geburtstag Ausprachen in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*. Trad. castellana: EINSTEIN, A.: *Mis Ideas y Opiniones*, 3.ª reimpresión, Barcelona, Antoni Bosch 1981, pp. 199-202.
- EINSTEIN, A. (1931). «Maxwell's influence on the development of the conception of physical reality». In: *James Clerk Maxwell: A commemoration Volume*, Cambridge Univ. Press. Trad. castellana: EINSTEIN, A.: *Mis Ideas y Opiniones*, pp. 238-241.
- EINSTEIN, A. (1933). *On the Methode of Theoretical Physics*. Oxford, Clarendon Press. Trad. castellana: EINSTEIN, A.: *Mis Ideas y Opiniones*, pp. 242-247.
- EINSTEIN, A.; PODOLSKY, B., y ROSEN, N. (1935). «Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?» *Physical Review*, ser. 2. Vol. 47, pp. 777-780.
- EINSTEIN, A. (1936). «Physik und Realität». *Franklin Institute Journal*, vol. 221, pp. 313-347. Trad. Castellana: EINSTEIN, A.: «*Mis Ideas y Opiniones*, pp. 261-291.
- EINSTEIN, A., y INFELD, L. (1938). *The Evolution of Physics*. New York, Simon and Schuster. Trad. castellana: *La física, aventura del pensamiento*. 10.ª edición. Buenos Aires. Losada 1977.
- EINSTEIN, A. (1940). «Considerations concerning the fundamentals of theoretical physics». *Science*, vol. 91. pp. 487-492. Trad. castellana en: *Mis Ideas y Opiniones*, pp. 291-302.
- EINSTEIN, A. (1944). «Remarks on Bertrand Russell's Theory of Knowledge». In: P.A. Schilpp. *The Philosophy of B. Russell*. Evanston, North-Western Univ.: Library of Living Philosophers, vol. 5, pp. 277-291. Trad. castellana en: *Mi Ideas y Opiniones*, pp. 16-21.
- EINSTEIN, A. (1949 a). «Autobiographical Notes». In: P.A. Schilpp (ed.). *Albert Einstein Philosopher-Scientist*, vol. 1.º, pp. 1-95. Trad. castellana: *Notas Autobiográficas*. Madrid, Alianza Edit. 1984.
- EINSTEIN, A. (1949 b). «Remarks to the Essays Appearing in this Collective Volume». In: P.A. Schilpp (ed.). *Albert Einstein Philosopher-Scientist*, vol. 2.º, pp. 663-688.
- The BORN-EINSTEIN Letters* (1971). M. Born ed. New York, Walken. Trad. castellana: EINSTEIN, A., BORN, M., y H. *Correspondencia 1916-1955*. México, Edit. Siglo XXI, 1973.
- FEYERABEND, P. K. (1981). «Niels Bohr's world view». In: *Realism, rationalism and scientific Method*. Philosophical Papers, vol. 1. Cambridge, Cambridge Univ. Press.

- HEISENBERG, W. (1956). *Physics and Philosophy: The revolution in Modern Science*. New York, Harper and Brothers Publishers. Trad. castellana: *Física y Filosofía*. Buenos Aires, Edit. La Isla 1959.
- HEISENBERG, W. (1969). *Der Teil und Das Ganze*. Gespräche im Umkreis der Atomphysik. München, R. Piper and CO. Verlag. Trad. castellana: *Diálogos sobre Física Atómica*. Madrid, B.A.C. 1972.
- HOLTON, G. (1982 a). «Mach, Einstein y la búsqueda de la realidad». En: *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*. Madrid, Alianza Editorial, pp. 164-203.
- HOLTON, G. (1982 b). «La construcción de una teoría: el modelo de Einstein». En: *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*, pp. 323-359.
- LENZEN, F. (1949). «Einstein's Theory of Knowledge». In: P.A. Schilpp (ed.). *Albert Einstein Philosopher-Scientist*, vol. 2.º, pp. 355-384.
- MACH, E. (1905). *Erkenntnis und Irrtum*. Leipzig, Verlag von J. Ambrosius Barth.
- MACH, E. (1918). *Die Analyse der Emprindungen*. Siebente Auflage, Jena, Verlag von G. Fischer.
- MARGENAU, H. (1949). «Einstein's Conception of Reality». In: P.A. Schilpp (ed.). *Albert Einstein Philosopher-Scientist*, vol. 1.º, pp. 243-268.
- PAIS, A. (1984). *El Señor es sutil... La ciencia y la vida de A. Einstein*. Barcelona, Ariel.
- POPPER, K. (1985). *Teoría cuántica y el cisma en física*. Madrid. Tecnos.
- PRIGOGINE, I. (1983). *¿Tan sólo una ilusión?* Barcelona Tusquets Editores.
- WENZL, A. (1949). «Einstein's Theory of Relativity Viewed from the Standpoint of Critical Realism and its Significance for Philosophy». In: P.A. Schilpp (ed.). *Albert Einstein Philosopher-Scientist*, vol. 2.º, pp. 581, 606.

Advertencia: La paginación que aparece en las notas corresponde a la traducción castellana, no a la edición en idioma original.