

El tejido del universo. A propósito del descubrimiento del bosón de Higgs

Marceliano Arranz Rodrigo

Resumen

El descubrimiento del bosón de Higgs nos ha hecho tomar conciencia, una vez más, de que, a pesar de los colosales instrumentos de investigación de que hoy disponemos, todavía seguimos buscando el material último de que están hechas las cosas, la primera pregunta con que se inició el pensamiento filosófico occidental. Es posible que este hecho no se deba tanto a la falta de medios o de interés, cuanto a la dificultad intrínseca que implica responder a una pregunta solo sencilla en apariencia, por estar indisolublemente relacionada con otros complejos problemas de naturaleza metafísica y epistemológica.

Palabras clave: Materia, partículas elementales, mecánica cuántica, escuela de Copenhague, teoría cuántica de campos.

Key Words: Matter, Elementary Particles, Quantum Mechanics, School of Copenhagen, Quantum Field Theory.

El día 4 de Julio de 2012 se difundió la noticia de que en los programas CMS y ATLAS del Gran Colisionador de Hadrones europeo (LHC), se había descubierto una nueva partícula elemental, cuyas características parecían coincidir con las pronosticadas para el huidizo bosón de Higgs, larga y afanosamente buscado durante decenios¹. Al parecer, la nueva partícula es una pieza clave para

Abstract

The discovery of the Higgs boson has made us realize, again, that in spite of the colossal research tools at our disposal, we are still trying to find the texture of what things are made out, the first question for the western reflective thinking. This fact is possibly due, not to the lack of media or interest, but to the intrinsic difficulty in responding to a question that is simple only in appearance, given its implications with other problems, especially of metaphysical and epistemological nature.

¹ Una buena exposición de la historia de la búsqueda en BOSMAN, Martine / RODRIGO, Teresa: «La búsqueda del bosón de Higgs», en *Investigación y Ciencia* 432

entender el Universo, ya que, además de dar cuenta de la masa de todas las partículas elementales del modelo estándar, nos permitiría «atisbar» lo que ocurrió en los primeros instantes de la gran explosión en que se originó el Universo².

Como en otras ocasiones semejantes, la prensa de todo el mundo se hizo eco del evento en los términos más encomiásticos. Al fin y al cabo se trataba nada menos que de «la partícula de Dios» (¡). Multitud de periodistas, ávidos de titulares, llegaron incluso a hablar del mayor descubrimiento en la historia de la comprensión de la naturaleza (¡). Mas, en honor a la verdad, también se debe decir que casi todos los científicos y la literatura verdaderamente especializada, valoraron el acontecimiento con mucha más prudencia³.

La resonancia mediática de este descubrimiento nos ha hecho tomar conciencia, una vez más, de algo que comienza a ser un tanto molesto: a pesar del interés que se ha puesto en la tarea y de haber financiado instrumentos de investigación tan colosales y sofisticados como los grandes aceleradores de partículas⁴, todavía no hemos sido capaces de responder de manera satisfactoria a la primera pregunta que se hizo el pensamiento filosófico occidental, a saber, de qué están hechas las cosas.

¿A qué puede deberse este hecho? Es posible que la causa no sea la falta de interés o de recursos económicos, sino la dificultad de responder a una pregunta sencilla solo en apariencia, dada su estrecha relación con otros problemas filosóficos más complejos. Me gustaría investigar en este pequeño trabajo si los motivos que todavía hoy impiden responder de manera satisfactoria a una pregunta tan antigua estaban ya presentes durante las primeras etapas del pensamiento griego.

(2012), pp. 16-23; VELTMAN, Martinus J.G.: «El bosón de Higgs», en *Investigación y Ciencia* 124 (1987) pp. 52-59.

² CASAS, Alberto: «¿Está la partícula de Higgs asomando la cabeza?», en *Investigación y Ciencia* 425 (2012), pp. 8-9; CASAS, Alberto: «El descubrimiento del bosón de Higgs», en *Investigación y Ciencia* 431 (2012), pp. 13-14.

³ ELLIS, John: «¿Esconde el bosón de Higgs nueva física?», en *Investigación y Ciencia* 435 (2012) pp. 56-61.

⁴ El LHC es el más potente acelerador de partículas jamás construido. Emplazado cerca de Ginebra, consta de un anillo de 27 kilómetros de longitud, situado a unos 100 metros bajo tierra. Se compone de 9600 imanes de diversos tipos, entre los que destacan 1200 dipolos superconductores. Cada uno de los proyectos ATLAS y CMS cuenta con más de 3.000 colaboradores, procedentes de 180 instituciones y 40 países.

I. La filosofía clásica griega

Lo primero que los primitivos filósofos griegos se preguntaron fue de qué están hechas las cosas. Testigo privilegiado de cómo fue formulada esta pregunta es Aristóteles. Lo que, según él, buscaban dichos filósofos, era descubrir el elemento y el principio de todos los entes naturales, es decir, la sustancia última e inmutable de que parte toda generación y el término en que concluye toda corrupción⁵.

Estos primeros filósofos son conocidos como Físicos de Mileto, por el nombre de su ciudad de origen y porque que dieron el nombre de *physis* al substrato último de todo lo que existe⁶. Los filósofos milesios concibieron la *physis* de manera monista, materialista e hylozoista. Monista, por considerar que la sustancia fundamental era una, materialista, porque la atribuyeron naturaleza material⁷, e hylozoista, porque la dotaron del automovimiento y dinamismo propios de los seres vivos.

Tales de Mileto, conocido como el primero de los siete sabios de Grecia, concibió la *physis* como agua primordial, Anaxímenes como aire y Anaxímandros como *ápeiron* (τὸ ἄπειρον), un algo último carente de todo límite y determinación.

La ingenuidad con que los primeros filósofos griegos se preguntaron por el material último de las cosas fue de muy corta duración. Y es que, ya desde los mismos comienzos, la pregunta por la naturaleza del tejido del universo, se mezcló con dos espinosas cuestiones, la existencia del cambio y el problema de la inteligibilidad del universo.

El cambio

El primer problema al que tuvieron que enfrentarse los primeros filósofos griegos fue el suscitado por Parménides, al demostrar que, si se admitía que todas las cosas provenían de una única sustancia

⁵ «La mayoría de los filósofos primitivos creyeron que...aquellos de que constan todos los entes y es el primer origen de su generación y el término de su corrupción, permaneciendo la sustancia (οὐσία), aunque cambien las afecciones, es el elemento (στοιχείον) y el principio (ἀρχή) de los entes. Y por eso creían que ni se genera ni se destruye nada, pensando que la tal naturaleza (φύσις) se conserva siempre». ARISTÓTELES: *Metafísica*, I, 3, 983 b 7-12.

⁶ El término griego φύσις (etimológicamente del verbo φύω, que significa brotar, crecer, producir naturalmente, engendrar) suele traducirse por *naturaleza*.

⁷ «La mayoría de los filósofos primitivos creyeron que los únicos principios de todas las cosas eran de índole material». ARISTÓTELES: *Metafísica*, I, 3, 983 b 7-9.

primordial, el cambio era imposible. Y es que, partiendo de que el ser no puede provenir de la nada, es imposible que aparezca nada distinto de una sustancia originaria que se supone única.

El primer intento de solución al problema de Parménides fue la teoría de los cuatro elementos, propuesta por Empédocles, y destinada a hacer fortuna durante siglos. Lo que Empédocles hizo fue multiplicar el número de sustancias primordiales y calificarlas de elementos (στοιχεία). Los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego) fueron concebidos por Empédocles como inmutables, cualitativamente diversos y dotados de poderes atractivos (Amor) y repulsivos (Discordia).

Un segundo intento para solucionar el problema del cambio fue el atomismo antiguo, una cosmovisión también destinada a triunfar en épocas posteriores, y cuyos iniciadores fueron Leucipo y Demócrito. Divulgadores conspicuos del atomismo fueron también Epicuro y Lucrecio Caro. De acuerdo con los atomistas, el número de elementos primordiales, indivisibles, inmutables y cualitativamente idénticos, es infinito. El atomismo representa una manera de pensar bastante distinta del habitual espíritu griego, sobre todo por su ateísmo y su rechazo explícito y decidido de toda teletropía.

Lo que tanto Empédocles como los atomistas pretendieron al multiplicar el número de las sustancias primordiales fue salvar las apariencias de cambio con que el mundo de la experiencia se nos manifiesta. El cambio en sentido fuerte no existiría, pero la «apariencia» de cambio quedaría salvada merced a las recombinaciones mecánicas de elementos dotados de las mismas propiedades del ser de Parménides.

La inteligibilidad del universo

El segundo gran problema al que la primitiva filosofía griega tuvo que enfrentarse fue el de la inteligibilidad del universo. El problema nació con el pitagorismo antiguo, que defendió que todo el universo, incluidos sus últimos elementos materiales, tenían naturaleza inteligible. Llegaron a esta conclusión extrapolando a la totalidad del universo lo que observaban en los fenómenos musicales y astronómicos. En efecto, el sonido de una cuerda depende de su longitud, grosor y tensión y la armonía de los acordes puede ser expresada mediante números. Apoyados en observaciones musicales y astronómicas, los pitagóricos llegaron a la conclusión de «...que en lo demás, la naturaleza parecía asemejarse toda ella a los números»⁸. Esto hace que el

⁸ ARISTÓTELES: *Metaf.* I, 5, 985 b 15.

universo pueda y deba ser considerado como cosmos, es decir, como algo bello, ordenado y armonioso⁹.

Platón

Platón se enfrentó a ambos problemas, sirviéndose de las mejores ideas de sus predecesores, aunque añadiendo a su explicación nuevos y originales elementos. Para solucionar el problema del cambio postuló la existencia de una sustancia fundamental, a la que poéticamente calificó de «causa errante», y cuya esencia consistiría en ser un substrato único y eterno, carente de toda forma, y en perpetuo movimiento desordenado:

«Una masa desprovista de todo reposo y quietud, sometida a un proceso de cambio, sin medida ni orden»¹⁰, que «recibe todas las cosas, pero jamás ... toma una figura semejante a ninguna de las que entran en ella. Pues ella es, por naturaleza, como un portasellos para todas las cosas»¹¹. La causa errante, el sustrato universal que subyace a toda realidad, incluidos los mismos elementos, existe desde siempre y por sí misma, carece de toda forma, límite o determinación y está en continuo movimiento, convirtiéndose en pasajero cuanto en ella llega a la existencia.

Para solucionar el problema de la inteligibilidad del universo, Platón admite con los pitagóricos, que todas las cosas, incluidos los elementos, tienen estructura matemática. Pero, a diferencia de los pitagóricos, intenta dar una explicación de este hecho. El orden matemático que detectamos, tanto en los elementos, como en los acontecimientos del mundo, se debe a la actividad ordenadora del Demiurgo sobre la «causa errante»¹². Las primeras «figuras» que por la acción ordenadora del Demiurgo quedaron plasmadas en la causa errante, fueron las de los cuatro elementos, formados ellos mismos de estructuras geométricas (dos tipos de triángulos) y de acuerdo con proporciones matemáticas que permiten la transformación de los elementos entre sí. La teoría platónica de la causa errante estaba destinada a hacer fortuna, al ser aceptada y transmitida a la posteridad por su

⁹ Parece probado que fueron los pitagóricos los primeros en aplicar al universo el término «cosmos» (Κόσμος).

¹⁰ PLATÓN: *Timeo* 28c.

¹¹ PLATÓN: *Timeo* 50b.

¹² El Demiurgo, (Δημιουργός: el que trabaja para el pueblo), es un Dios Artista que intenta dotar de belleza y orden a la «causa errante».

discípulo Aristóteles, con el nombre de Materia Prima. En cambio, su convencimiento de que la realidad material tenía estructura matemática y su defensa de la utilidad de las matemáticas para comprenderla y describirla, quedaron relegados al olvido durante muchos siglos.

Aristóteles

Aristóteles piensa, como Empédocles, que todas las realidades materiales están compuestas de los cuatro elementos¹³, pero admite, como Platón, que, por debajo de ellos, existe algo aún más primordial, la «materia prima» (Πρώτη ὕλη) o primer sustrato (Τὸ ὑποκείμενον πρῶτον).

Para explicar la inteligibilidad del universo, Aristóteles recurre a su teoría hylemórfica, que atribuye a todos los entes materiales naturaleza dual, al estar compuestos de dos principios inseparables, la materia (ὕλη) y la forma (μορφή). La primera es de naturaleza física, mientras que la segunda tiene naturaleza inteligible. Aristóteles pensó que las formas naturales tenían naturaleza ideal, asimilándolas a los diseños presentes en los objetos del arte y de la técnica.

Aristóteles atribuyó la existencia de formas inteligibles en la naturaleza al influjo de los perfectos movimientos circulares de las esferas celestes, siempre iguales a sí mismos desde toda la eternidad. Incluso los cuatro elementos tradicionales, las cuatro formas más fundamentales del mundo sublunar, están compuestos de materia y forma y serían consecuencia de la actividad de los cielos sobre la materia prima. Esto permite a Aristóteles defender, en contra de lo que pensaba Empédocles, que los cuatro elementos no son inmutables, sino que como cualquier ente compuesto de materia y forma, pueden sufrir cambios substanciales.

El ordenado movimiento de los cielos comunicaría movimiento a los cuatro elementos, que, dejados a sí mismos, se hubiesen dispuesto como esferas concéntricas, inmóviles en sus respectivos lugares naturales. El movimiento celeste provocaría la mezcla de los elementos y, en definitiva, la aparición de todas las formas que se manifestan en la naturaleza. Ahora bien, como el movimiento de los cielos es

¹³ En realidad, las sustancias elementales son cinco para Aristóteles, ya que, además de los cuatro elementos, defiende la existencia de una «quinta esencia», de la que estarían compuestos los cuerpos celestes. Este quinto elemento, al que a veces denomina éter, es incorruptible y solo se ve afectado por el movimiento local circular, el más perfecto de todos los movimientos.

uniforme desde siempre, las formas que como consecuencia de él se originan existen desde siempre y son siempre las mismas.

II. *La mecánica cuántica*

Desde finales del siglo XX, y partiendo del atomismo como plataforma, se fueron sucediendo toda una serie de descubrimientos, teorías y modelos sobre la naturaleza del tejido del universo. El conjunto de estas teorías acabaron por ser englobadas bajo el nombre genérico de Mecánica Cuántica (MC).

La MC ha demostrado ser una teoría científica enormemente exitosa, ya que predice a la perfección el comportamiento de la materia a múltiples escalas, en especial en el ámbito de las partículas elementales. Un gran número de observaciones y resultados experimentales, en casi todos los campos de la Física y de la Química, han sido explicados con éxito y precisión por la MC y *sólo por ella*. En este sentido es justo decir que la MC es una magnífica teoría científica, puesto que desde ella se pueden hacer y corroborar numerosas predicciones sobre el comportamiento de la materia. Desde el punto de vista de la vida ordinaria, sin embargo, la MC es una teoría bastante extraña, ya que en ella nos topamos con paradojas que parecen chocar frontalmente con el sentido común (partículas que pasan por dos agujeros a la vez; o que se encuentran simultáneamente en dos lugares distintos; información que viaja a más velocidad que la de la luz; gatos que están vivos y muertos al mismo tiempo, etc.).

Los problemas filosóficos que la MC suscitó desde su misma aparición son de mucha envergadura. Y es que lo que se espera de una teoría científica no es solo poder hacer predicciones comprobables, sino también que nos informe de lo que *realmente* subyace a sus predicciones y experimentos. En una palabra, además de dotar de coherencia teórica a nuestras observaciones queremos saber qué es lo que realmente existe y pasa en el mundo. Y esto implica preguntarse por el alcance ontológico de la MC.

La Escuela de Copenhague

De acuerdo con el realismo, la postura filosófica más comúnmente admitida a lo largo de la historia de las ideas, la existencia de las entidades de que se ocupa la ciencia no depende de nuestras observaciones,

sino que existen realmente. Esta fue la posición defendida por Einstein frente a la llamada escuela de Copenhague, que defendía lo contrario, es decir, que el ser de las cosas depende de las observaciones humanas. Como argumento en favor de sus tesis, la Escuela de Copenhague solía mencionar la dualidad partícula/onda que puede observarse en algunos experimentos. En ciertas observaciones, en efecto, los fotones, los neutrones, e incluso átomos enteros, se comportan a veces como partículas y a veces como ondas, sin que podamos decidir cuál es su naturaleza *antes de que los observemos*. De este hecho deducía la Escuela de Copenhague que el ser de las cosas depende de nuestras observaciones.

Lo que a este argumento y otros semejantes puede responderse, es que es muy difícil aceptar que un acto de observación influya en el ser mismo de las cosas. A no ser que «ser» se identifique con «ser-percibido» (esse=percipi). Y es que si la observación no se interpreta como un simple acto cognitivo, sino como un proceso físico en el que se obtienen medidas utilizando instrumentos, es normal que el procedimiento utilizado para llevar a cabo las medidas, sobre todo en niveles microfísicos, influya en sus resultados. Ahora bien, lo único que se sigue de esta constatación es que nuestras observaciones influyen en los resultados de las medidas, pero de ninguna manera que cambien el ser mismo de las cosas.

La Escuela de Copenhague se hizo también famosa merced al Principio de Indeterminación de Heisenberg. El físico alemán defendía en dicho principio que era imposible conocer de manera simultánea todos los parámetros definitorios de una partícula, ya que cuando nuestras observaciones son precisas en relación con sus parámetros dinámicos, se distorsionan siempre y necesariamente los posicionales. Y cuando conocemos los posicionales, sucede lo contrario con los dinámicos. Ahora bien, lo único que se puede inferir legítimamente de esta constatación es que, al menos de momento, no disponemos de técnicas adecuadas para observar de manera completa y simultánea la realidad microscópica. Deducir de este hecho que nunca podremos disponer de ellas no es una inferencia necesaria, ya que nunca podremos saber si la imposibilidad es coyuntural o constitutiva. Y todavía menos legítimo es deducir que las cosas no tienen una realidad independiente de las observaciones humanas y que solo comiencen a ser lo que son en el momento y por el hecho de ser observadas¹⁴. Por estos motivos, son muchos los que, al referirse a

¹⁴ Ante posición tan extrema, Einstein solía preguntar irónicamente si la luna sigue existiendo en su sitio cuando dejamos de observarla.

Heisenberg, prefieren hablar de principio de incertidumbre, más que de principio de indeterminación.

El problema de fondo

Es evidente que la postura del grupo de Copenhague se apoya en el supuesto kantiano de que la mente humana no tiene ni podrá nunca tener acceso al nùmeno o realidad en sí, sino solo a los fenómenos, es decir, a las apariencias con que la realidad se nos manifiesta. Nos encontramos, por lo tanto, ante un problema filosófico tan antiguo como indecible, ya que, como la historia nos demuestra, no existen para él soluciones indiscutidas e indiscutibles. A mi entender, se trata del problema planteado por Protágoras, y continuado por Hume, Kant y todos los idealistas en relación con el alcance de las capacidades cognoscitivas humanas. Esto significa, también, que no nos enfrentamos a un problema científico, sino a una cuestión netamente filosófica. Identificar el ser de las cosas (nùmeno) con nuestra percepción de las mismas (fenómeno), rechazando como prejuicio metafísico el que detrás del fenómeno exista un mundo de objetos en sí, no es un problema que pueda resolverse con métodos científicos, sino que constituye una teoría filosófica sobre el valor y alcance del conocimiento humano.

La postura de la escuela de Copenhague tiene indudables ventajas prácticas. Y es que si de lo que se trata es de manipular la naturaleza, lo mejor es dedicarse a la ciencia y dejar de hacerse preguntas para las que no existe respuesta inequívoca. Ahora bien, si de lo que se trata es de comprender el mundo, no se puede prohibir a nadie que se haga preguntas distintas de las que se hace la ciencia. Sísifo continuó subiendo su roca, a pesar de estar convencido de la inutilidad de sus esfuerzos. Y Juan Salvador Gaviota nunca pudo resignarse a comer solo entrañas y cabezas de pescado.

III. Más allá de la mecánica cuántica

Pasado el ardor de la polémica entre el grupo capitaneado por Einstein y la Escuela de Copenhague, las aguas van volviendo lentamente a su cauce. No solo filósofos, sino cada vez más físicos, parecen haber comprendido que hay preguntas a las que no se puede responder solo con argumentos científicos. Y es que, aunque la

cuestión de fondo continúe siendo la misma, es decir, determinar si la MC nos dice cómo son las cosas o es solo un instrumento para manipularlas, el problema se presenta en nuestros días de una manera algo más respetuosa, sutil y diferenciada.

Al cambio de actitud han contribuido bastantes factores. En primer lugar, el carácter cada vez más *abstracto* del lenguaje matemático que se utiliza para describir los fenómenos microfísicos, muy alejado del sentido común y de las capacidades representativas humanas, hace cada vez más difícil determinar con exactitud cuál es el alcance de dicho lenguaje. Un segundo hecho, bastante relevante, es la creciente equivocidad de muchos de los términos utilizados en las teorías físicas (nada, vacío, onda, campo, partícula, ...), empleados en un sentido que apenas si tiene algo que ver con el significado normal que estas palabras han tenido y aún tienen en el lenguaje común¹⁵. En realidad, ni siquiera parece estar muy claro qué son las partículas elementales o los campos de fuerza. Es más, en muchas ocasiones la distinción entre partículas y campos parece artificial. Una cosa es cierta: Imaginarse las partículas elementales a modo de bolitas de materia, como las canicas, no resiste el más mínimo análisis, ya que lo que en Teoría Cuántica de Campos (TCC) se califica de partículas no tienen una posición definida en ninguna región concreta del universo. Además, su existencia y número no es constante e invariable, sino que parece depender de las circunstancias del observador. Finalmente, nada de lo que de hecho observamos en las instalaciones que utilizamos para detectar partículas elementales, se asemeja en nada a una bolita de materia. Las partículas son, en realidad, nombres que utilizamos para designar algo que observamos de manera generalmente poco nítida. Y es que lo único que registran las cámaras de detección de los grandes aceleradores de partículas, es un gran número de excitaciones dispersas, a las que con frecuencia resulta difícil asignar una trayectoria. En cuanto a los campos cuánticos, difieren radicalmente de los campos clásicos, ya que ni siquiera contienen valores físicos concretos, sino operadores, entidades matemáticas abstractas, que nos indican la

¹⁵ «El carácter de las partículas descritas por la teoría cuántica de campos se aleja tanto del concepto clásico (por ejemplo, dichas partículas no pueden hallarse localizadas en ninguna región finita del espacio-tiempo), que dicha interpretación se vuelve dudosa. Máxime teniendo en cuenta que la teoría describe estados físicos con un número de partículas indeterminado y que el número de partículas existente en una situación dada parece depender del contexto o del observador. Las partículas de la teoría cuántica de campos son entidades verdaderamente misteriosas». SOLER GIL, Francisco José: «Física y Filosofía», en *Investigación y Ciencia* 442 (2013), p. 45.

clase de cálculos que podemos efectuar, pero no sus resultados. A pesar de todo esto, los físicos continúan hablando del mundo como si estuviese realmente compuesto de partículas y campos de fuerza, aunque nadie tenga claro qué es lo que estos nombres representan en la TCC¹⁶. La imagen de que nuestro universo se compone de partículas que interaccionan entre sí mediante campos de fuerza está muy difundida. Sin embargo, el significado de «partícula» y de «campo», en la TCC difiere hasta tal punto de los conceptos tradicionales, que cada vez son más los que aconsejan dejar de utilizar términos tan equívocos.

IV. Explorando nuevas rutas

Es frecuente entre los científicos que se ocupan de la Física de Altas Energías el tener dudas sobre el alcance otológico de los formalismos que manejan. Este hecho, ha conducido en nuestros días a posiciones tan extremas como variopintas, en las que muchos pensadores, incluidos algunos expertos y filósofos de la física, comienzan a decantarse por alternativas radicales, en las que se sugiere que los constituyentes básicos del mundo material ni siquiera tienen naturaleza física. Pasemos breve revista a algunas conocidas propuestas en este sentido.

Instrumentalismo epistemológico

Esta postura defiende el valor empírico de la Teoría Cuántica de Campos (TCC), puesto que nos permite describir y prever con exactitud gran número de fenómenos microfísicos. Consideran, sin embargo, que no es necesario que la teoría nos informe también sobre la naturaleza profunda de la realidad que subyace a sus formalismos. Una teoría física puede resultar muy útil sin necesidad de responder a cuestiones metafísicas de ultimidad.

Bayesianismo cuántico

Una reciente interpretación de la TCC, conocida con el nombre de «bayesianismo cuántico», reinterpreta uno de los dogmas fundamentales

¹⁶ KUHLMANN, Meinard: «¿Qué es real», en *Investigación y Ciencia* 445 (2013), p. 25.

de la teoría, la función de onda¹⁷, defendiendo que dicha función no describe estados físicos reales, sino el estado mental del observador¹⁸. De acuerdo con sus defensores, esta reinterpretación de la función de onda solucionaría casi todas las paradojas de la mecánica cuántica.

Realismo estructural epistémico

La tesis fundamental de esta posición es que lo verdaderamente importante no son las cosas en sí, sino sus relaciones. Y es que, aunque nunca llegásemos a conocer cómo son las cosas en sí mismas, sí podríamos conocer y describir con bastante éxito el modo en que interactúan entre sí. Así, aunque no sepamos exactamente qué es la masa, si podemos conocer y medir las consecuencias que la existencia de masa tiene para describir las relaciones entre las cosas.

Realismo estructural óptico

La teoría no solo defiende que lo único que podemos conocer son las relaciones, sino que, dando un paso más, afirma que lo único que verdaderamente existe son las relaciones. El argumento que se utiliza en favor de esta manera de pensar es la gran cantidad de simetrías que se mencionan en la física moderna y el hecho de que, aunque cambien los objetos a que se refieren las simetrías, ello no implica que cambien las simetrías mismas. Este hecho posibilitaría la construcción de una teoría coherente del mundo, prescindiendo de los objetos, y apoyándonos exclusivamente en la fijeza de las estructuras o redes de relaciones.

Las propiedades como esencia de lo real

Esta postura queda bastante bien descrita en el siguiente texto:

¹⁷ La función de onda, permite «representar» matemáticamente las propiedades medibles de un sistema (estado cuántico). La conexión de la función de onda con la experiencia se obtiene con la aplicación de la regla de Born, que prescribe como obtener propiedades medibles a partir de un estado cuántico.

¹⁸ Baeyer, Hans Christian von: «Bayesianismo cuántico», en *Investigación y Ciencia* 443 (2013), pp. 33-37.

«A pesar de que las interpretaciones basadas en campos y partículas se han considerado muy distintas, ambas tienen en común ... que los objetos fundamentales del mundo material son entidades individuales a las que podemos adscribir propiedades ... Numerosos filósofos... consideramos que semejante división entre objetos y propiedades podría ser la causa de todas nuestras dificultades. En nuestra opinión, tal vez convendría considerar las propiedades como la única categoría fundamental»¹⁹.

Esta visión de las cosas trastocaría de manera radical la concepción clásica del mundo en la que las cualidades solo pueden existir apoyadas en algo que las sustente. Pero ¿por qué no pensar lo contrario y considerar que lo que normalmente denominamos objetos, no son otra cosa que una colección de propiedades (colores, formas, olores, consistencias,...)? Esta posición se correspondería, además, con la más primitiva e ingenua experiencia del mundo. Los niños, en efecto, ven inicialmente solo cualidades (rojo, redondo, suave,...) y solo en una fase posterior «colocan» esas cualidades en un objeto que las sustenta: pelota de goma. Y algo parecido sería lo que hacemos los adultos. Nadie ha visto jamás algo que no sean cualidades. Y, sin embargo, «inferimos» habitual e instintivamente la existencia de algo que las soporte.

Una de las mayores ventajas de esta manera de ver las cosas es que solucionaría de manera elegante algunas graves dificultades de la TCC, como el hecho de que las partículas puedan aparecer o desaparecer de modo repentino; o el comportamiento del vacío. Si las partículas elementales se interpretan como entidades sustanciales, es muy difícil explicar dichos comportamientos cuánticos, mientras que si las concebimos como propiedades o tropos, lo que es una partícula no sería más que lo que percibimos cuando sus propiedades se agrupan de una forma u otra. Evidentemente, el espacio vacío tampoco sería sustantivo, sino un conjunto de propiedades²⁰.

La información como fundamento del universo

J. B. Beckenstein, eminente físico teórico que ha investigado la relación entre los agujeros negros, la entropía y la teoría de la infor-

¹⁹ KUHLMANN, Meinard: «¿Qué es real?», en *Investigación y Ciencia* 445 (2013), p. 31.

²⁰ Esta visión del mundo se aviene bastante bien con la metafísica de Whitehead, para quien los objetos fundamentales del mundo material no son sustancias o individuos concretos que «soportan» cualidades, sino más bien conjuntos o concrescencias de cualidades.

mación, defiende con contundencia que la información es la entidad más importante del universo:

«Si preguntamos de qué se compone el universo físico, se nos responderá que de materia y energía. Pero quien sepa algo de ingeniería, biología y física nos citará también la información como elemento no menos importante. El robot de una fábrica de automóviles es de metal y plástico, pero no hará nada útil sin las abundantes instrucciones que le digan qué pieza debe soldar a otra. El ribosoma de una célula se construye con aminoácidos..., pero no podría sintetizar proteínas sin la información suministrada por el ADN del núcleo celular. Un siglo de investigaciones nos ha enseñado que la información desempeña una función esencial en los sistemas y procesos físicos»²¹.

John A. Wheeler, mundialmente conocido por sus teorías sobre agujeros negros y otras exóticas teorías físicas, propuso, poco tiempo antes de morir, iniciar una importante y novedosa línea de investigación, en la que se partiese del presupuesto de que el mundo físico está hecho fundamentalmente de información y que en él la energía y la materia son accesorios. Esto implicaría tesis tan sorprendentes como que el universo solo tendría dos dimensiones y la naturaleza de un anagrama. La tercera dimensión sería solo una ilusión. Nuestra percepción ordinaria del mundo tridimensional resultaría en tal caso una profunda ilusión o solo una de las maneras alternativas de manifestarse la realidad. Sugiere además, que la teoría fundamental o teoría del todo, no debería referirse a campos, ni tampoco al espacio-tiempo, sino al intercambio de información entre procesos físicos²².

V. A modo de conclusión

Parece claro que la pregunta por la sustancia última de las cosas no es tan simple como pudiera parecer a primera vista, sino que está estrechamente relacionada con problemas filosóficos tan complejos como el del cambio y con cuestiones epistemológicas tan fundamentales como la inteligibilidad del universo. Proponer como sustancia

²¹ BECKENSTEIN, Jakob David: «La información en un universo hológrafo», en *Investigación y Ciencia* 325 (2003), p. 36.

²² Wheeler también se hizo también famoso por ser uno de los principales defensores y difusores del principio antrópico, que propugna que en el centro de toda la maquinaria y diseño del mundo debería subyacer un factor dador-de-vida. BARROW, John D. / TIPLER, Frank J.: *The Anthropic Cosmological Principle*. Oxford University Press, Oxford, 1986.

última del mundo algo que haga imposible el cambio o lo reduzca a un mero desplazamiento espacial no parece una solución aceptable²³. Y buscar como sustrato definitivo de las cosas algo que no explique la innegable inteligibilidad del universo, tampoco parece acertado²⁴. Esto debería enseñarnos que los problemas filosóficos nunca pueden ser solucionados de manera independiente, sino apoyándose unos en otros. O lo que es el mismo, que la filosofía tiene carácter, circular, global y totalitario.

También nos avisa de los peligros que comporta intentar responder a todas las preguntas: incluidas las de carácter último, atendiendo solo a aspectos cuantitativos expresables en lenguaje matemático. Utilizar las matemáticas para estudiar y describir los objetos, procesos y acontecimientos naturales tiene innegables ventajas prácticas (lenguaje unívoco, posibilidad de discusiones objetivas, dominio de la naturaleza, avances tecnológicos, etc.), pero hacerlo de manera monopolística y excluyente, deja abiertas muchas importantes preguntas. Entre otras, la de por qué es posible describir los acontecimientos naturales utilizando las matemáticas. Y también la de si el lenguaje matemático describe la totalidad del ser de las cosas o solo una parte, aunque sea la más práctica y utilizable.

Althofen/El Ferrero 2013

Solicitado el 12 de diciembre de 2012

Aprobado el 26 de abril de 2013

Marceliano Arranz Rodrigo
Universidad Pontificia de Salamanca
marca@upsa.es

²³ ARRANZ RODRIGO, Marceliano: «Comprender la Naturaleza: Doctrina aristotélica de las causas», en *Cuadernos Salmantinos de Filosofía* XL (2013), pp. 57-69.

²⁴ ARRANZ RODRIGO, Marceliano: «¿Por qué es inteligible el universo?», en HERRERO HERNÁNDEZ, FRANCISCO-JAVIER / CABALLERO BONO, JOSÉ LUIS (COORDS.): *Las horas de la Filosofía*. Universidad Pontificia de Salamanca / Diálogo Filosófico, Salamanca / Colmenar Viejo, 2013, pp. 181-189.