



LA RAZÓN HISTÓRICA. Revista hispanoamericana de Historia de las Ideas. ISSN 1989-2659

Física teórica y naturaleza humana.

Álvaro Antón Sancho.

Doctor en Matemáticas (Universidad Complutense de Madrid). Profesor de Matemáticas. Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valladolid (España).

Resumen

La física teórica ha vivido un vertiginoso avance en las últimas décadas y su desarrollo ha suscitado profundas reflexiones en cuanto a su objeto, método y situación dentro del conocimiento científico. En este trabajo estudiamos la componente antropológica subyacente en la física actual, a la que suscita y, a la vez, es alimentada por ella. Para ello, atenderemos a la evolución histórica de los principios metafísicos de la física. Finalmente, esbozaremos una crítica de esta antropología a partir de las limitaciones de las ideas científicas que fundamenta.

Palabras clave: mecánica cuántica, Aristóteles, Kant, Ernst Mach, naturalismo, fenomenismo.

Abstract

Theoretical physics has seen a rapid advance in recent decades and its development has sparked deep thought as to its object, method, and location within the scientific knowledge. In this paper, we study the underlying anthropological component in modern physics, which raises and, in turn, is fed by it. To do this, we will attend to the historical evolution of the metaphysical principles of physics. Finally, we outline a review of this anthropology from the limitations of scientific ideas underpinning.

Keywords: Quantum Mechanics, Aristotle, Kant, Ernst Mach, naturalism, fenomenism.

Introducción

Con la expresión “física teórica” nos referimos al conjunto de teorías que pretenden explicar y comprender los fenómenos objeto de la física desde la perspectiva suscitada a raíz de la relatividad y la mecánica cuántica (de modo más notable, teorías cuánticas de campos, modelo estándar y teoría de cuerdas y supercuerdas).

En las últimas décadas, la reflexión acerca de la naturaleza, principios, objeto y método de la física teórica ha sido un elemento central de la filosofía de la ciencia. La razón de esta corriente vertiginosa de pensamiento es, a nuestro entender, doble. Por una parte hay que señalar que, tras la mecánica cuántica, la física propugna un modelo novedoso de realidad natural, que resulta tanto más paradójico cuanto más avanzan en su desarrollo las teorías de la física teórica. Por otra, los científicos hemos introducido en nuestra labor elementos como el azar, que hasta ahora eran ajenos, y hasta contrarios en algunos casos, al mundo de la física. Todo ello ha obligado (y obliga hoy) a realizar un esfuerzo de fundamentación de la física teórica.

Por otra parte, no es habitual que en esta discusión científica y filosófica se introduzcan cuestiones antropológicas. Sin embargo, este dato es muy importante, porque a lo largo de toda la historia la reflexión científica ha estado condicionada, en su naturaleza y objeto, por el concepto que el hombre ha tenido de sí mismo y, al contrario, la ciencia en su desarrollo ha contribuido a la formación del esquema antropológico propio de la filosofía de cada momento histórico.

En este trabajo pretendemos mostrar los elementos básicos de la antropología que subyace en el trabajo de la física teórica actual, que la sustenta y a la vez es alimentada por ella. Para ello, estudiaremos algunos aspectos de la evolución histórica del pensamiento científico que nos permitan extraer los principios filosóficos básicos de la reflexión física teórica (en esta parte nos centraremos en los trabajos en física de Ernst Mach en diálogo con los *Principios metafísicos* de Kant). Finalmente, concluiremos de ese estudio los correlatos antropológicos adecuados y los criticaremos a la luz de las limitaciones de los mismos principios que analicemos de la física. Fruto de esta crítica, pretendemos recuperar algunos elementos de la antropología aristotélica, que desde el principio nos servirá de modelo.

Aristóteles y la *natura humana*

Los filósofos antiguos hasta Platón asumieron, en general, la existencia de una naturaleza propiamente humana, que identificaron (nos referimos ahora a la tradición platónica) con los rasgos esenciales que hacen a lo humano ser humano y no cualquier otra cosa. Es la conocida idea de lo humano de Platón. A Aristóteles debe reconocerse el mérito de haber especificado en esta esencia de lo humano los aspectos concretos identificadores del hombre: aspectos animales, sociales y, sobre todo, aspectos racionales, maravillosamente integrados en unidad sustancial. Dedicaremos unos párrafos a explicar estas nociones, puesto que se

mantuvieron en el pensamiento medieval hasta la modernidad y aún constituyen sustrato perenne de la antropología filosófica.

En el *De anima*, Aristóteles explica que la esencia del ser humano radica en su alma dotada de razón (un alma que goza de las facultades nutritiva, sensitiva, motora, desiderativa y discursiva)¹. El ser humano dotado de estas potencias se asemeja en el género con un animal capaz de voluntad e intelecto, aspectos estos últimos específicamente humanos. Por esa razón, Aristóteles formula su conocida definición del hombre como “animal racional”.

Junto a la centralidad de los elementos intelectual y volitivo en la naturaleza del hombre, debemos destacar, muy ligado con esto, el aspecto teleológico. El alma humana no es estática, sino que es naturaleza (realmente existente) en movimiento hacia su propio fin, el bien supremo del hombre, que Aristóteles identifica en la *Ética* con la felicidad (o *eudaimonía*). Esta alma, que es, pero es en constante búsqueda de la perfección de su ser, expresa así una cierta condición abierta, debido precisamente a su inteligencia. La apertura del hombre, que se manifiesta en una cierta necesidad de compleción, está íntimamente vinculada, por lo tanto, con la apertura a la realidad del mundo, del resto de hombres y hasta de sí mismo que le es dado en virtud de su inteligencia. Más aún, la puerta de acceso a la libre autoconfiguración del hombre según su naturaleza a través de su dimensión volitiva es justamente su capacidad de penetrar conscientemente en la realidad de lo real por su inteligencia.

Esta condición abierta del hombre a la que estamos haciendo referencia, está manifestando, a su vez, la existencia de unos ciertos elementos innatos en el hombre, que vienen dados por su entendimiento. Vemos, por tanto, este elemento innatista en Aristóteles como fundamento de la posibilidad misma del conocimiento de la realidad en sus dimensiones metafísicas y, por ende, como condición de posibilidad de su naturaleza específicamente humana.

En ningún momento pretendemos afirmar que la capacidad receptiva de las esencias sea causa eficiente de la naturaleza abierta del hombre, pero sí, de algún modo, es causa formal de la misma. En efecto, es condición de posibilidad para guiar libremente la propia existencia el ser capaz de acceder (sensiblemente en primera instancia) a la realidad y de describirla y transformarla (lo que hace imprescindible un ejercicio ulterior del entendimiento, llamado agente, que opera sobre las dimensiones reales de lo real, las convierte en objetos conscientes y permite la emisión de juicios formulados sobre ellos)². El hombre aprehende conscientemente las dimensiones esenciales de lo real y, así, puede conocerla y, por tanto, disponer libremente de ella, siempre dentro de los límites de su propia naturaleza, para alcanzar justamente la plenitud de su esencia.

Urge aquí un apunte sobre el movimiento de los cuerpos que nos será útil después. En sentido metafísico, el movimiento de los cuerpos (llamado por Aristóteles devenir en la *Física*³), si bien forma parte del conjunto de cualidades que, del

¹ ARISTÓTELES, *De anima*, cap. XII.

² ARISTÓTELES, *Metafísica*, libro 1,1.

³ ARISTÓTELES, *Física*, libro I.

cuerpo, capta la sensibilidad, no es ni la completa esencia del cuerpo, ni el objeto que, en último término, aprehende el entendimiento. El cambio debe ser entendido en Aristóteles como elemento que mana de la esencia, testigo inmutable del movimiento y núcleo del ser de la cosa. A su vez, dicho movimiento debe ser entendido también como vía de acceso del entendimiento a la realidad del objeto. De otro modo, se eliminaría la posibilidad del hombre a un verdadero conocimiento.

Todos los aspectos esenciales del hombre que Aristóteles explica están condicionados por su “naturaleza finalizada” según una teleología, que podríamos denominar la “teleología específicamente inteligente” del hombre, porque es una teleología esencialmente humana, es decir, propia del hombre en virtud de su esencia (Aristóteles proclama en el *De anima* que este fin es propio de los hombres y de cualquier otro ser semejante o más excelso, suponiendo que lo haya⁴) y que tiene como condición de posibilidad su inteligencia. Si el hombre es, como explica Aristóteles, animal social, no es porque la condición social del hombre constituya su naturaleza, como algunos se han empeñado en leer, hasta el día de hoy (por ejemplo, Savater⁵). La razón es, más bien, que la sociedad es el lugar adecuado que permite al hombre el desarrollo de sus fines. El elemento central está siempre en la naturaleza finalista del hombre, condicionada a su acceso inteligente a la realidad.

La diferencia del hombre en este punto con el resto de seres animados es crucial. La carencia de una suerte de entendimiento agente les imposibilita el acceso consciente, juicioso y manipulativo a la realidad y les cercena, de un plumazo, el hecho volitivo y de autoconfiguración. Esto se traduce en una esencia cerrada. No se quiere decir que no haya una teleología propia para el animal. Se quiere expresar, más bien, que el animal está sometido a una evolución finalizada pero condicionada por las notas que le son específicas y nunca a una evolución “querida”.

A su vez, la inteligencia humana es, en Aristóteles, una “inteligencia teleológica”, tiene que ver con el acceso del hombre al conocimiento del mundo por la experiencia sensible y el ejercicio activo del entendimiento agente (esto es lo que es hacer ciencia, según se explica en el libro de la *Metafísica*), pero todo ello ordenado al fin supremo del hombre, según lo que hemos explicado. La discusión, entonces, sobre la naturaleza humana se plantea, quizá veladamente, ya desde Aristóteles, ligada a la teoría del conocimiento y, por ende, a la discusión sobre la existencia o no de dimensiones metafísicas en la realidad, por un lado (por aquí caminarán el materialismo y el positivismo) y, por otro, a la posibilidad del hombre de conocimiento de dichas dimensiones metafísicas, caso de que las haya (aquí se sitúa el naturalismo).

⁴ ARISTÓTELES, *De anima*, cap. III.

⁵ F. SAVATER, *Política para Amador* (Barcelona 2004).

La teoría del conocimiento en la modernidad

Hemos visto que las características fundamentales de la naturaleza humana y su existencia misma están apoyadas, en Aristóteles, en una suerte de innatismo en su teoría del conocimiento y, por tanto, en la capacidad del hombre de elaborar conocimiento científico. Este innatismo está fundamentado, como hemos explicado, en el intelecto agente.

Podemos decir que Locke inaugura la disolución del innatismo gnoseológico⁶ y, con ello, como veremos, de la naturaleza humana, al menos en su dimensión específicamente racional al margen del resto de animales. En su *Ensayo sobre el entendimiento humano*, Locke explica que el hombre es incapaz de alcanzar la *re substante*⁷, acaso oculta en los objetos y que, en todo caso, constituye el soporte objetivo que da unidad al conjunto de cualidades de que goza dicho objeto. Los objetos de la razón son, para Locke, las ideas, que son los productos de la reflexión sobre los contenidos de la sensibilidad⁸.

En Locke no observamos, por tanto, una disolución de las dimensiones metafísicas de la realidad. Ciertamente, atribuye a los objetos una cierta dimensión esencial (la *re substante*), aunque el entendimiento no sea capaz de ella. Tampoco se puede decir, esto con mayor razón, que en Locke ocurra una disolución de la naturaleza humana en algún sentido. En su *Segundo Tratado sobre el Gobierno Civil*, Locke dedica todo un capítulo a describir el estado de naturaleza del hombre⁹. Allí constata la existencia de una naturaleza para el hombre, caracterizado éste por la libertad, que posibilita un verdadero ejercicio de la voluntad. La naturaleza humana es fundamentalmente libertad, aunque no libertad absoluta, como manifiestan algunos autores contemporáneos, sino libertad condicionada a límites que vienen dados por una finalidad en el hombre y por el hecho social. De alguna manera, nos estamos acercando a una cierta identificación de la naturaleza humana con la sociedad. En todo caso, la razón deja de formar parte de su discusión sobre la naturaleza humana, al menos en su dimensión de entendimiento. Y la causa la encontramos en el *Ensayo sobre el entendimiento humano*, en donde ocurre el verdadero vaciamiento del entendimiento a su capacidad para registrar y manipular determinadas dimensiones accidentales de los objetos. Por eso podemos decir que la ruptura con el innatismo gnoseológico ocurre en Locke, al menos, mediante un debilitamiento en la concepción de la naturaleza humana.

Este debilitamiento se expresa de diversas formas en la filosofía moderna, siendo lo más habitual ver un divorcio efectivo entre la vida moral del hombre y su dimensión racional, cual es el caso de Hume. Otros autores caen en una cierta “biologización” del hombre, o reducción de su naturaleza a sus dimensiones estrictamente biológicas, sometidas exclusivamente a la dinámica de la evolución. Es el caso de Darwin desde el punto de vista científico (*El origen del hombre*) y, en

⁶ A. ANTÓN, La nueva ciencia, germen de la nueva Europa, *La Razón Histórica*, n.19, pp. 72-87.

⁷ J. LOCKE, *An Essay Concerning Human Understanding* (Londres, 1690) 2, XXIII, c.2.

⁸ *Ibidem* 2, I, c.1, c.2.

⁹ J. LOCKE, *Segundo Tratado sobre el Gobierno Civil*, cap. 2.

general, del naturalismo. Esto supone una reducción de la naturaleza humana a su faceta genéricamente animal que conlleva, no la destrucción, pero sí una disolución de la teleología específica del hombre en el mar del dinamismo (finalista para el darwinismo; a-finalista en las teorías neo-darwinistas) de la evolución biológica. En último término, este debilitamiento, iniciado tímidamente por Locke, terminará arrasando toda idea metafísica, racional y teleológica para la naturaleza humana y sustituyéndolos por visiones existencialistas o naturalistas. Como hemos explicado, todo ello tiene su origen, más que en una reflexión propiamente sobre el hombre, en una deficiente teoría sobre el conocimiento que excluye el elemento innato del entendimiento agente de la capacidad racional humana.

La reducción gnoseológica es recibida por Kant en forma de reducción ontológica. Ello queda patente de modo nítido en los *Principios metafísicos de la ciencia natural*. Allí explica Kant que cualquier conocimiento científico de la naturaleza es sólo posible como basado en las categorías (cantidad, cualidad, relación y modalidad). Las ciencias (también metafísicas) de la naturaleza son el resultado de aplicar las cuatro categorías del entendimiento al concepto de materia como lo que puede ser pensado a priori de la naturaleza. Por esa razón, Kant entiende que hay cuatro ciencias de la naturaleza: fenomenología, foronomía (o cinemática), dinámica y mecánica, y esas son las cuatro partes en que divide los *Principios*.

Como todo objeto de conocimiento científico debe partir de la experiencia sensorial y toda experiencia sensorial lo es del movimiento, la ciencia natural se convierte, así, en ciencia del movimiento. El estudio del movimiento como puro *quantum* es objeto de la foronomía. Considerando en el móvil sus cualidades, entendidas como fuerzas motrices, obtenemos la dinámica. Finalmente, la mecánica se ocupa del estudio del móvil dotado de fuerzas en recíproca relación con otros cuerpos como causas mutuas de sus respectivos movimientos.

Observamos, por tanto, que la ciencia de la naturaleza se ha convertido, en Kant, en conocimiento del movimiento y las fuerzas que lo causan. Pero esta reducción, que en un primer momento podemos entender como estrictamente gnoseológica, rápidamente se extiende al ámbito ontológico, como podemos leer en los *Principios*. Para Kant, la sustancia del objeto material es la materia¹⁰, pues es el elemento común y unitario de todos los objetos de la naturaleza. Pero en la *Observación general a la dinámica*, Kant sentencia que no hay más realidad para los objetos materiales que las determinaciones espaciales y las fuerzas motrices¹¹, a las que divide en dos grandes clases: fuerzas de atracción y fuerzas de repulsión. Por eso, a lo largo de los *Principios*, Kant llama a estas fuerzas motrices originarias, primigenias o fundamentales, porque son la causa del movimiento y la sustancia misma de los cuerpos, junto con su disposición espacial. Kant adopta, por tanto, una visión fisicista-mecanicista de la realidad física. Cuando, con la llegada de la relatividad y la consiguiente ruptura de la idea de un espacio-tiempo infinito, se despoje del carácter sustancial a estas disposiciones espaciales, la realidad natural se habrá convertido, desde el esquema kantiano, en un puro fenomenismo.

¹⁰ I. KANT, *Principios metafísicos de la ciencia natural*, 503.

¹¹ *Ibidem*, 523.

No sólo la ciencia física acaba de sufrir una limitación de objeto y de método sino que, con ella, la misma entidad de la naturaleza se ve muy significativamente mermada. Este es el hecho que va a pasar factura, no sólo a la ciencia como conocimiento, sino al hombre como cognoscente, pero, más aún, en lo más íntimo de su ser humano.

En efecto, desde antiguo, hemos ligado la reflexión sobre la naturaleza humana al conocimiento del hombre y sus aspectos innatos. Esto es muy bueno, porque permite sacar a la luz los fundamentos de la naturaleza específicamente racional del hombre y basar en ellos con certeza su condición libre y social, entre otras. Pero no debemos perder de vista que, con ello, estamos otorgando a la ciencia un papel importante en la antropología a través de la reflexión que la ciencia haga sobre sí misma. De este modo, como vamos a ver a continuación, una deficiente concepción del conocimiento científico, por fisicista o mecanicista, repercute, a modo de una especie de rebote, en una antropología muy comprometida, por demasiado naturalista, en el mejor de los casos, cuando no por la negación de toda dimensión metafísica en el hombre. Este es el caso de Kant. Kant hereda de la tradición empirista un innatismo gnoseológico muy diluido, que hace depender el conocimiento científico de cuatro categorías del entendimiento ajenas a toda dimensión metafísica de la realidad (primera deficiencia). Ello conduce, por simple traslación (segunda deficiencia) a una reducción ontológica de la realidad de tipo fisicista. Esta reducción condiciona, como veremos a continuación, los mismos objetos y método de la física. Como este condicionamiento no brota de una libre decisión del científico, sino de una deficiente concepción de la misma realidad, a su vez el modo de hacer ciencia llevará ligada una cierta concepción del hombre, fruto de esta relación biunívoca entre ciencia y naturaleza humana que venimos considerando.

De la reducción ontológica al positivismo científico

La asimilación paulatina de los mencionados principios kantianos del conocimiento científico conduce en las primeras décadas del siglo XX al establecimiento de una nueva filosofía científica (el empirismo lógico o positivismo) que, en opinión de sus protagonistas, correspondía al progreso de las ciencias y señalaría el advenimiento de una nueva etapa en la historia de la humanidad. Destacado representante es el Círculo de Viena, cuya actividad se extendió solamente entre 1929 y 1938, pero cuyo espíritu ha determinado la generalidad de los planteamientos científicos del último siglo.

Hacia 1920 ya existía en Viena una cierta tradición científica de corte lógico empirista cuya metodología estaba inspirada en los *Principia* de Newton (es decir, deudora, en su raíz filosófica, de los *Principios metafísicos* de Kant). Esta tradición arrancaba del físico Ernst Mach (1836-1916). Mach sostenía una postura fenomenista porque la ciencia, decía él, sólo trata acerca de los fenómenos, de las apariencias tal como se presentan en la experiencia. Toda pretensión de alcanzar dimensiones ulteriores de la realidad queda imposibilitada simplemente porque

no existen en la realidad misma¹². Mach realizó, incluso, una vigorosa crítica de los conceptos newtonianos de espacio y tiempo infinitos y homogéneos por ser entendidos como no experimentables y, por tanto, metafísicos¹³.

Este *collage* fenoménico de la realidad objeto del conocimiento científico esconde tras de sí el correlato de un yo irremediamente roto y falto de fundamentación; un yo lógico y especialmente sensible, pero sin sujeto¹⁴.

Para Mach, es necesario cambiar la manera de comprender las leyes, conceptos y teorías de la ciencia. No han de entenderse como descripciones de la realidad, sino como limitaciones o restricciones mediante las cuales es ordenada nuestra espera del fenómeno objeto de nuestra experiencia¹⁵ (de hecho, acuña la expresión “reducción de la espera” para referirse a la teoría científica). En el fondo subyace un criterio empirista de realidad (por tanto, una concepción monista desustancializada del mundo, unificada por el fenómeno) que conduce irremisiblemente a un criterio lógico-sensitivo de racionalidad, donde la dimensión lógica tiene, además, un papel mermado, cuando no paradójico, como Musil se encargó de poner de manifiesto¹⁶. El objeto de la ciencia deja de tener entidad propia al margen del sujeto que lo observe (por eso la realidad es fenoménica), luego no hay propiamente realidades, sino observaciones o sensaciones. Estas sensaciones pueden teorizarse mediante el pensamiento, que actúa, por una parte mediante la *adaptación* al fenómeno y, por otra, mediante la *economía* de sensaciones. Adaptación y economía son, por tanto, las bases del conocimiento científico¹⁷.

Además, para Mach existe una identificación necesaria entre el fenómeno y lo racional, entre el objeto de ciencia y el sujeto que lo conoce. Esta identificación se da en forma de adecuación perfecta del fenómeno en la sensibilidad y está propiciada por el vaciamiento ontológico del mundo y la eliminación del innatismo a nivel del entendimiento.

Esta perspectiva monista de realidad condicionó el contenido y las vías de la investigación de la física posterior a Mach. Así queda evidenciado en la reflexión que hace Hans Reichenbach (1891-1953) sobre el conocimiento científico, paradigma del pensamiento común a todos los neopositivistas¹⁸. En *El nacimiento de la filosofía científica*, Reichenbach establece, siguiendo la brecha abierta por las nuevas tendencias en física del momento, tres criterios (de realidad, de racionalidad y de moralidad) a través de los cuales sentencia que el verdadero único conocimiento posible es el conocimiento científico (consistente en la elaboración de frases dotadas del *sentido* que aporta la experiencia sensible, en

¹² E. MACH, *El análisis de las sensaciones* (1886).

¹³ H. LICHTENEGGER & B. MASHHOON, Mach's Principle, *arXiv: physics/0407078v2* (2008).

¹⁴ W.M. JOHNSTON, *El genio austrohúngaro: historia social e intelectual, 1848-1938* (Oviedo, 2009), cap. 13; Y. KOBRY, E. Mach et le moi “insaississable”. En J. CLAIR (coord.), *Vienne, 1880-1938* (París, 1986), pp. 124-129.

¹⁵ M. JALÓN, Robert Musil frente a Ernst Mach, *Asclepio*, 1, 2010, 251-268.

¹⁶ *Ibidem*, p.

¹⁷ E. MACH, *La mecánica*,

¹⁸ H. REICHENBACH, *El nacimiento de la filosofía científica* (Bologna, 1961).

lugar de descripciones o explicaciones de la realidad)¹⁹. La naturaleza de esta nueva tendencia de la ciencia física que describe Reichenbach es, por tanto, reflejo del esquema introducido por Mach y que manifiestan hasta qué punto sus ideas metafísicas y antropológicas han sido la fuente de inspiración del desarrollo posterior de la física.

La visión machiana de realidad y conocimiento científico subyace en los intentos (presentes aún hoy) de unificar las interacciones objeto de estudio de la física, pues es la manera de entender que todas ellas son expresiones variadas de la única realidad fenoménica. En 1924, De Broglie formuló la *dualidad onda-partícula*, según la cual existe una asociación unívoca entre ondas y partículas materiales, mientras buscaba una teoría de unificación de la materia y la radiación. Esta dualidad, formulada por De Broglie y estudiada después por Plank, impone ciertas restricciones en cuanto a los datos cuantitativos que se pueden obtener acerca de un sistema microscópico a través de la observación directa. Es el memorable *principio de incertidumbre* de Heisenberg, que constata la identificación de Mach entre fenómenos y observaciones, pues muestra la variación del mismo fenómeno con la observación.

Era necesario, entonces, obtener el correlato racional de la incertidumbre sobre el fenómeno que había formulado Heisenberg en términos de una indeterminación de la realidad. Este correlato debía consistir en un cierto hueco en la manera de conocer del hombre, que respondiera al hueco encontrado en la realidad misma. Gödel lo formuló en 1931 de manera precisa en sus *teoremas de incompletitud*, que manifiestan que no hay sistema lógico aritmético perfectamente determinado, es decir, que no dé lugar a indecibles dentro del propio sistema.

La dualidad y el principio de incertidumbre están en la base del nacimiento y desarrollo de la mecánica cuántica. En mecánica cuántica no se entiende ya la realidad como formada por agregados de partículas materiales sometidos a la interacción de determinadas fuerzas. Ahora las partículas son campos ondulatorios (por tanto, fenómenos) que dependen intrínsecamente de la observación y que puede observarse en forma de partículas solamente a través del llamado colapso de la onda, que se da en la observación directa. La trayectoria espacio-temporal de la onda asociada a una partícula viene dada por la llamada función de ondas y su evolución temporal está regida por las ecuaciones de Schrödinger. A partir del estudio de la función de ondas se puede colegir que todo fenómeno ondulatorio (o lo que es lo mismo, todo sistema físico) existe como una multiplicidad de estados posibles, cuya determinación ocurre en la observación, según explica el principio de Heisenberg.

Una vez corroborada la importante observación de que la función de ondas es siempre cuadrado-integrable, Max Born consagró definitivamente la llamada

¹⁹ *Ibidem*, pp. 13-14: "Piénsese en un científico habituado a servirse de las palabras para formular frases siempre dotadas de sentido. Construye los propios enunciados de manera que siempre sea posible probar la verdad de los mismos y no se preocupa si la prueba comporta laboriosas reflexiones. No teme el razonamiento abstracto, pero sabe que este razonamiento, de algún modo guarda relación con cuanto se ve, se siente y se toca."

interpretación estadística, según la cual la función de ondas induce una función de distribución de probabilidades de todos los estados posibles para un sistema.

Esta introducción del azar en la vida de la física supone un paso revolucionario, pues elimina toda posibilidad de una teleología para el mundo natural y, por ende, para el hombre, subsumido en él.

La formulación general de la mecánica cuántica se impuso de tal manera que supuso la formulación de diversas teorías cuánticas de campos, que buscan describir en los nuevos términos cuánticos los campos continuos propios de los sistemas clásicos, como la gravitación o el electromagnetismo. De esta manera, entre 1920 y 1950 se fueron desarrollando los fundamentos de la teoría cuántica de campos de la mano de los protagonistas de la física del momento: Dirac, Pauli o Feynmann, entre otros muchos. La primera en surgir, la electrodinámica cuántica, abrió camino al desarrollo de toda una familia de teorías cuánticas, llamadas teorías gauge, que surgieron como intentos parciales de unificación de las diversas teorías de campos, siguiendo siempre la tendencia machiana del monismo fenoménico.

Estos primeros trabajos de unificación, comenzados por Yang y Mills, dieron un fruto definitivo en la década de 1970 con la formulación del modelo estándar de la física de partículas. Ésta es una teoría cuántica de campos que permite explicar unificadamente las partículas que forman la materia y las interacciones fundamentales, a excepción de la gravedad. El modelo estándar pretende unificar las diferentes interacciones en términos de una única cinemática fundamental. Sin embargo, esta explicación unificada ha de hacerse en términos de nuevas partículas elementales (fermiones, hadrones, bosones...) de las que, además, no puede haber evidencia empírica directa, debido al mismo principio de incertidumbre de Heisenberg que forma parte de los fundamentos de la mecánica cuántica. Sólo se puede tener certeza indirecta de la existencia de dichas partículas, como recientemente se ha puesto de manifiesto con el caso del bosón de Higgs. No se puede decir con propiedad que se haya descubierto el bosón de Higgs; es más adecuado explicar que se tiene evidencia de una interacción que comparte determinadas características con una partícula predicha por el modelo estándar.

Uno de los problemas de más difícil solución hoy consiste en unificar la gravedad con el resto de interacciones mediante la formulación de una teoría cuántica de la gravedad. Poco fructuosos, pero interesantes en otro sentido, los primeros intentos llegaron en la década de 1970 de la mano de Sherk y Schwarz, quienes constataron que el gravitón (la partícula que media la fuerza gravitatoria) podía verse como un "estado vibracional", formalizado como un espacio unidimensional extendido, que se llamó cuerda. De esta manera se empieza a formular la teoría de cuerdas (después, de supercuerdas), según la cual, las partículas que observamos, como colapsos de la función de ondas, son, de hecho, secciones tridimensionales de un espacio de dimensión 1 (llamado cuerda) que habita en un espacio de más dimensiones que el tridimensional en que vivimos (este espacio se modeliza matemáticamente con el nombre de variedad de Calabi-Yau). Un Calabi-Yau se construye añadiendo a las cuatro dimensiones espacio-temporales otras siete dimensiones compactificadas, que serían inobservables, y exigiendo determinadas

restricciones topológicas. Según estima la propia teoría, las dimensiones compactificadas sólo serían observables a escalas del orden de la constante de Plank, por tanto sometidas a la incertidumbre de Heisenberg, razón por la cual no podemos tener experiencia de ellas. Hasta el día de hoy, ningún resultado experimental permite corroborar la existencia de las cuerdas o de los Calabi-Yau, más allá de la exigencia matemática planteada por la noción de cuerda.

Finalmente, el desarrollo de la física actual en los términos anteriores condiciona el avance de las matemáticas. La teoría de moduli en geometría surge, justamente, bajo la inspiración de la teoría de la relatividad y la física de partículas. Los espacios de moduli de fibrados, parametrizan estructuras holomorfas de un fibrado diferenciable sobre una variedad compleja. Estas estructuras holomorfas están en correspondencia biunívoca con pares conexión-curvatura sobre el fibrado complejo subyacente (fijada una métrica hermítica). La condición de estabilidad que aporta la teoría geométrica de invariantes (GIT) de Hilbert-Mumford es la condición precisa para la existencia de un tal espacio de moduli. Estos pares aparecen en la física de partículas como soluciones de las ecuaciones de Yang-Mills²⁰, que se interpretan como instantones. Cambiando la variedad compleja o la naturaleza del fibrado diferenciable (fibrado principal, fibrado de Higgs) de base, se modifica la condición de estabilidad, objeto del estudio de la geometría y también las ecuaciones de la física de partículas a las que es vinculado el objeto geométrico.

Consecuencias y valoración

La mecánica cuántica no está suscitada, en modo alguno, desde un estado de absoluta ausencia de prejuicios filosóficos. Su misma formulación se realiza sobre la base de los *Principios metafísicos* de Kant (y su correlato antropológico) que, en el fondo, son asumidos por Mach en su trabajo y en su reflexión sobre la física. En concreto, a modo de síntesis podemos extraer de los *Principios metafísicos* de Kant los siguientes postulados:

1. Un empirismo gnoseológico (fruto de la ruptura con el innatismo del entendimiento), que Kant hace derivar, erróneamente, en una suerte de materialismo ontológico.
2. El consiguiente mecanicismo científico.

Mach asume esta perspectiva, que en el fondo es una formulación sintética de los elementos fundamentales de la ciencia moderna. Su proceso es, de alguna forma, inverso al de Kant. Si éste partía de un entendimiento mermado y, de ahí, hacía derivar su concepción materialista de la realidad y mecanicista de la ciencia, Mach retomará el mecanicismo, esta vez llevado al extremo, y hará derivar de él una antropología acorde. En concreto, si queremos sintetizar, los principios machianos de la ciencia moderna, podemos apuntar:

²⁰ N.J. HITCHIN, The self-duality equation on a Riemann surface, Proc. Lond. Math. Soc. **55**, 59-126 (1987).

- a. Fenomenismo de lo real (como forma extrema de mecanicismo, (2)).
- b. El consiguiente conocimiento de la realidad como *reducción de la espera*: adaptación al fenómeno y economía del pensamiento (forma extrema de empirismo gnoseológico, (1)).

De aquí es de donde extrae Mach su antropología naturalista: el hombre no es nada por sí mismo, sino como ligado, adaptado, al fenómeno natural, al que accede por medio de la sensación. Vemos nuevamente aquí cómo la reflexión sobre el conocimiento científico en el hombre está determinando toda una concepción antropológica. Podemos decir, por tanto, que esta es la noción de naturaleza humana presente en la física actual, deudora de las tesis de Mach. En orden a elaborar una adecuada crítica de la misma, vamos a fijar nuestra atención en los elementos fundamentales de esta ciencia física, principalmente en la mecánica cuántica.

En la mecánica clásica partimos de la existencia de objetos materiales cuya entidad es independiente del sujeto que las estudie y cuyas dimensiones cuantificables son el objeto propio de observación de la física. Por eso decimos que son *observables*. En virtud de esa entidad independiente, el estado instantáneo del sistema mecánico está perfectamente determinado por los valores de las variables observables intrínsecas del sistema. La medida brota del ejercicio de observación del físico sobre el sistema y tiene un valor real concreto que depende únicamente del sistema. La función de Hamilton, que muestra la evolución temporal de ese sistema, está, entonces, bien definida en cada momento y su conocimiento permite predecir con exactitud esa evolución temporal. Por tanto, la hipótesis clásica, aceptada tácitamente, que otorga entidad real a los observables mecánicos y al observador permite extraer ciertas conclusiones sobre el estudio físico mismo:

1. Las variables observables tienen valores exactos e independientes de la eventual observación.
2. Se puede observar el sistema mecánico y medir las variables observables con exactitud, al menos teóricamente (de este modo, se puede conocer con certeza, por lo menos, ciertas dimensiones del sistema en estados instantáneos).
3. Es posible, además, describir la evolución temporal del sistema, de modo que se puede conocer la evolución temporal precisa del mismo. Es decir, del conocimiento de los estados instantáneos y las fuerzas de interacción, brota el conocimiento del fenómeno.
4. Precisamente por ello, se mantiene un cierto principio de causalidad, aunque se trate de una "causalidad mecanicista", debido al determinismo introducido por la existencia de soluciones exactas de las ecuaciones hamiltonianas. Esta existencia de soluciones permite atribuir a los estados iniciales del sistema la causa de los posteriores (es la causa material, en términos aristotélicos).

Para entender la novedad que introduce la mecánica cuántica y sus consecuencias epistemológicas, podemos acudir al texto clásico de Max Jammer²¹ o, como haremos, extraer conclusiones de alguna de las diferentes axiomatizaciones que se dieron a mediados del siglo pasado²². En todos ellos se puede encontrar, como elementos comunes, el principio de incertidumbre de Heisenberg, la naturaleza ondulatoria de la materia, manifestada en las funciones de onda soluciones de la ecuación de Schrödinger y la interpretación estadística de Born, aspectos, inspirados como vimos, en la metafísica machiana, que se toman como principios de la nueva mecánica. La mecánica cuántica, a través de la discontinuidad esencial introducida por el cuanto de acción, hace depender el sistema intrínsecamente de la medición²³, de modo que las variables pasan de ser observables a ser *observaciones*. No existen sistemas físicos independientes de un observador, sino que existen observaciones. De modo recíproco, no existen tampoco observadores, sino sólo observadores en potencia que se actualizan en la observación. No es posible una observación entendida como medición de las variables propias de un sistema físico, sino como determinación del mismo sistema físico. De este modo, se debe renunciar a los elementos (1) y (2) de que gozaba la mecánica clásica.

Además, la cuantización de las variables físicas que, como hemos visto, es necesaria para el tratamiento de los sistemas como meros fenómenos, conlleva aceptar que esos fenómenos tienen lugar de modo intrínsecamente imprevisible. En otras palabras, (3) resulta imposible en la mecánica cuántica y, por ello, también es imposible (4). Todo ello conlleva una doble consecuencia:

- a. La destrucción del principio mismo que sustenta, desde el punto de vista de la filosofía, todo el sistema, que podríamos ver sintetizado en el principio machiano de reducción de la espera mediante la economía del pensamiento. En efecto, el fenómeno se vuelve inalcanzable de todo punto porque deja de existir un sustrato objetivo (no necesariamente metafísico) susceptible de ser conocido y, por tanto, un elemento innato en el conocimiento capaz de él.
- b. La causalidad de la física se transforma en un *principio de complementariedad*²⁴: resulta imposible llevar a cabo una descripción causal del fenómeno físico, solamente podemos conseguir una integración del sujeto en este fenómeno (es la adaptación machiana al fenómeno).

En primer lugar, conviene explicitar que, como hemos explicado, la investigación en mecánica cuántica es fruto de una determinada posición filosófica. Por tanto, es tendenciosa en su mismo origen. Esto no niega cuanto de verdadero pueda aportar, pero exige también mantener la puerta constantemente abierta a la

²¹ M. JAMMER, *The Philosophy of Quantum Mechanics*, Wiley Interscience (1974).

²² J. VON NEUMANN, Fundamentos matemáticos de la Mecánica Cuántica, *Publicaciones del Instituto de Matemáticas "Jorge Juan"* (Madrid, 1949); H. REICHENBACH, *Philosophic foundations of Quantum Mechanics*, University of California Press, 1944.

²³ N. BOHR, El Postulado Cuántico y el desarrollo reciente de la Teoría Atómica, *Congreso Internacional de Física* (Italia, 1927).

²⁴ *Ibidem*.

existencia de dimensiones de la realidad ignoradas por los principios de Mach. Principios, por cierto, que, en su versión absoluta, la mecánica cuántica termina por aniquilar, como vemos.

Conviene señalar, además, que la mecánica cuántica se mueve permanentemente en el mundo de la hipótesis. La misma dualidad onda-partícula de De Broglie (incluso su antecedente inmediato, el efecto fotoeléctrico de Einstein, para cuya explicación se introdujo la doble naturaleza, ondulatoria y corpuscular, de la luz) no puede ser más que una hipótesis, bajo el esquema de la física moderna, porque no es una consideración sometida a verificación empírica. El mismo postulado de la existencia de ondas, partículas, cuantos de acción, cuerdas y demás elementos de la mecánica cuántica es necesariamente una hipótesis, por la misma razón, aunque se pueda alcanzar cierta certeza por experimentación indirecta. Por eso, en mecánica cuántica no se puede sobrepasar la frontera de la teoría. De este modo, obtenemos una doble consecuencia: por una parte, vemos que no podemos alcanzar conocimiento acerca de la realidad, lo que nuevamente rompe el principio machiano de adaptación al fenómeno; por otra parte, comprobamos que la introducción de hipótesis nuevas en física se hace en función de los resultados que pretenden obtenerse. Tal es el caso de la interpretación estadística de la función de ondas de Born o de la teoría de cuerdas (en el caso de la teoría de cuerdas, surge, además, un problema de imposibilidad de falsación que ha sido abundantemente estudiado por Mario Bunge)²⁵.

Además de esta aniquilación de los principios filosóficos fundamentales, el modelo estándar, y todas las tendencias físicas que le siguen, adolecen de limitaciones significativas. De algunas de ellas suele decirse que son debidas a un insuficiente desarrollo aún de la teoría (como el problema de unificación que plantea la gravedad cuántica). Pero otras brotan esencialmente de los principios mismos de la mecánica cuántica. Por ejemplo, el modelo estándar establece la existencia de numerosas constantes físicas asociadas a las diferentes partículas cuyo conocimiento simultáneo queda imposibilitado en virtud de la incertidumbre de Heisenberg. Recaemos, entonces, en una negación del principio de adaptación.

Tampoco debe pensarse que la confirmación de las modernas teorías de la física teórica ha de venir de los desarrollos de las matemáticas, en particular de la geometría. La geometría no puede concluir, en ningún caso, la existencia de determinada partícula (en todo caso podría demostrar la no existencia en determinadas condiciones) ni, por supuesto, verificar los contenidos de una teoría física. Solamente tiene potestad para mostrar la consistencia de la teoría desde el punto de vista del esquema geométrico formal. Pero no se puede olvidar que los objetos de la geometría no son los mismos objetos reales, sino modelos de las teorías físicas acerca de la realidad.

Todo este estudio acerca de los principios que rigen el pensamiento de la física teórica moderna nos sirve para llevar a cabo la reflexión antropológica. En la primera sección extrajimos del *De anima*, la *Física*, la *Metafísica* y la *Ética* de

²⁵ M. BUNGE, The Philosophy behind pseudoscience, *Skeptical Inquirer*, 30.4, July/August 2006.

Aristóteles tres elementos destacados para una antropología íntimamente ligada, como vimos, a la teoría del conocimiento científico:

1. El innatismo, manifestado en la condición innata del entendimiento agente.
2. La condición abierta del hombre al mundo y a sí mismo, fundamento de su naturaleza racional.
3. El elemento teleológico, que tiene que ver con esta condición abierta, y que Aristóteles expresa en términos de *eudaimonía*.

En la física teórica actual subyace también un cierto esquema antropológico que la condiciona y, a la vez, se ve alimentada por aquella. En oposición a los elementos anteriores, destacamos:

- a. En contra del innatismo, se da un naturalismo fruto de la condición fenoménica de la realidad y de la perfecta adaptación del hombre al fenómeno a través de la experiencia sensible.
- b. El hombre ya no es un ser animal pero separado hasta tal punto de la naturaleza que pueda estar abierto a ella. Al contrario, el hombre está sometido al mismo devenir del fenómeno. Podemos decir que el hombre se hace hombre en el hecho sensible, en el cual también se actualiza el fenómeno.
- c. La realidad del hombre (y de la naturaleza) es una realidad de hechos (estos hechos son los objetos de la ciencia) y no, por tanto, de valores, porque estos últimos son de naturaleza ideal, alejados por tanto del universo de lo empírico y, en consecuencia de lo real.

La antropología que, en último término, subyace en la física teórica moderna consiste en una identificación naturalista del hombre a través de la sensibilidad. La pregunta por la finalidad del hombre se subsume, entonces, en la pregunta por la finalidad de la naturaleza, que hemos de responder en términos del esquema científico actual. Sin embargo, esta cuestión de la finalidad debe tener en cuenta el elemento de azar introducido por la mecánica cuántica. Esto provoca que la pregunta por la finalidad no tenga cabida en el ámbito del método científico²⁶, pues el mismo carácter aleatorio de una secuencia matemática es, en general, como probó Chaitin, un indecidible.

En toda esta sección hemos comprobado cómo los desarrollos de la física teórica aniquilan sus propios principios cuando éstos son tomados en términos absolutos, como principios generales sobre la realidad. Esto nos lleva a la necesidad de negar también la antropología subyacente, al menos tomada en los mismos términos absolutos.

Es innegable que el hombre es un ser ligado en cierto sentido a la naturaleza. Esto era admitido por Aristóteles al aplicarle el género animal. Sin embargo, debemos

²⁶ F. SOLS, Heisenberg, Gödel y la cuestión de la finalidad en la ciencia. En: E. CHUVIECO & D. ALEXANDER (coords.), *Ciencia y religión en el siglo XXI: recuperar el diálogo* (Madrid, 2012), pp. 167-194.

admitir una cierta condición “separada” del hombre respecto de la realidad, pues un principio de adaptación perfecta al fenómeno tomado en términos absolutos se aniquila a sí mismo. Pero esta condición separada del hombre ha de formularse en términos de un principio de realidad que exista en el hombre y que difiera esencialmente de la realidad natural. Esta realidad tiene que tener una entidad al margen, por lo menos, del fenómeno, pero debe estar relacionado con la capacidad del hombre de conocerlo. Ese es el elemento innato presente en el hombre, que debe ser de carácter metafísico.

Negado, así, el principio de complementariedad con el fenómeno (nuevamente, en términos absolutos), debemos exigir de la naturaleza una dimensión de realidad adecuado al sujeto que la conoce, de modo que recuperamos también la necesidad de encontrar los elementos metafísicos de la realidad natural, la esencias, como elementos de conocimiento del hombre.

Finalmente, debemos concluir, esta vez por la vía de la antropología, las tesis, sobradamente establecidas hoy, que sitúan la física teórica como un conocimiento no absoluto acerca de la naturaleza. Real, pero limitado en su constitución misma²⁷ como consecuencia de sus propias limitaciones de objeto y de método. Comprender esto es una tarea que tenemos los científicos hoy: percibir con realismo la naturaleza y extensión de cuanto existe y reconocer con humildad la limitación esencial de nuestro peculiar y estimulante acceso a la misma.

²⁷ A. MARCOS, La ciencia al límite, *Investigación y Ciencia* (noviembre 2012), pp. 38-39.