

El ideal ilustrado de descripción de la Naturaleza a la luz del siglo XX

Ana RIOJA
(Universidad Complutense)

En contraste con la inmensidad del universo existe un pequeño ámbito en el que los seres vivos nacen, crecen y mueren. Se trata de la Tierra, única región conocida que reúne las condiciones necesarias para convertirse en residencia de tan ilustres y extraños moradores. Más allá se divisan cuerpos, la mayoría de ellos alojados en esa aparente esfera que nos envuelve y que denominaron Cielo. El conjunto de cuerpos terrestres y celestes, animados e inanimados, integran la *Naturaleza*.

Para los seres humanos la *Naturaleza* se ha revelado a veces como madre, a veces como madrastra. En efecto, es poderosa, fecunda, nutricia, pero también hostil, catastrófica, dañina e incluso mortal. Una conciencia atormentada y temerosa es el resultado de la profunda sensación de indefensión en que sume a los individuos racionales. Y éstos responden como sólo ellos pueden hacer: convirtiendo los puros y desnudos fenómenos en signos, concretamente en los signos visibles de espíritus y voluntades divinas. La supervivencia del hombre sobre la Tierra depende de la capacidad para poner a su favor las deidades cuyas intenciones traspasan y deciden los hechos físicos.

Tenemos así la *Naturaleza mágica*, en la que una estrecha relación vincula a los fenómenos entre sí y a éstos con los humanos constituyendo un todo que aúna el destino del mundo y de sus habitantes¹. Esta forma de animismo

¹ Ver: Lenoble, R.: *Histoire de l'idée de nature*. Paris, Albin Michel, 1969, 48; chap. 1º: "La Nature magique".

no crea la distancia suficiente con los seres como para admirarlos, conocerlos o, por supuesto, manipularlos y transformarlos. Se trata de una naturaleza sacralizada cuya conservación constituye un imperativo moral. En ella no hay libertad sino supeditación a propósitos suprahumanos, imprevisibles y atemorizadores. Tampoco cabe la reflexión; sólo la devoción, la veneración, la emoción.

En las antípodas de la concepción mágica de la Naturaleza, los griegos iniciaron una fecunda vía de subordinación de lo existente a la *Razón*. En la historia del pensamiento occidental ha habido fundamentalmente dos formas opuestas de racionalización del acontecer natural, que han tenido un peso decisivo: la física aristotélico-escolástica, de tanta influencia en Europa a partir del siglo XIII, y la física mecánica construida en el siglo XVII y con proyección hasta nuestros días.

Es habitual situar la física de Aristóteles dentro del contexto animista en oposición al mecanicismo, y motivos hay para ello. Pero no conviene olvidar que el tratamiento aristotélico de la Naturaleza es racional. Lenoble² ha analizado con todo acierto el imprescindible proceso de distanciamiento entre conciencia y mundo que ha de llevarse a cabo a fin de poder concebir éste desde sí mismo, y no desde las necesidades y deseos que el hombre proyecta sobre él. No puede haber conocimiento objetivo por parte de esa atemorizada e insegura conciencia mágica, que se revela incapaz de aceptar la alteridad del mundo, la existencia de *hechos* que nada tienen que ver con la culpabilidad. La filosofía a partir de Sócrates inicia esa lenta reforma de la conciencia que pone el destino del hombre fuera y al margen del destino del mundo. Y con ello gana el hombre, libre al fin del peso de la culpa que le hacía ver los acontecimientos naturales en términos de premio o castigo, pero también gana el mundo al adquirir consistencia propia no contaminada por las proyecciones humanas.

Es Aristóteles quien nos permite asistir al espectáculo de los seres naturales convertidos, no en símbolos o *sombras* de algo diferente, sino en puros objetos de sensación con existencia independiente. Así, el llamado *realismo ingenuo* constituye un paso necesario en el proceso de creación de la física entendida como sistematización racional de la *physis*. El ilustre filósofo griego pone en los propios seres que integran la Naturaleza el resorte de su comportamiento, el principio de su generación y corrupción, la causa de su movimiento y de su reposo. Lo *natural*, animado e inanimado, adquiere tal poten-

² Lenoble, R.: *Histoire de l'idée de nature*, cap. 2°.

cia creadora, tal autonomía, tal espontaneidad, que no será posible evitar la tentación animista, ante la que tan estrepitosamente sucumben los defensores del *Alma del Mundo*. Nos hallamos ante una Naturaleza que posee una alteridad radical, pero no ante una Naturaleza enteramente “desalmada”.

La eliminación de todo residuo psicologista y antropomórfico podemos ya atisbarla en los atomistas griegos, pero hemos de esperar a la filosofía mecanicista del siglo XVII para que adquiera su plena madurez. En efecto, la elección de la máquina como analogía representa el más serio intento de “deshumanización” de lo que, nos guste o no, transcurre al margen y con total independencia de las expectativas, necesidades o anhelos de los seres humanos. La Naturaleza no existe ni para el hombre ni por el hombre.

Ésta es la más clara enseñanza que se desprende de la formulación de *leyes naturales universales*, tanto en la mecánica de Descartes, como en la de Newton. Los eventos cósmicos transcurren ajenos e indiferentes a las fatigas de los mortales racionales porque éstos no son ni el centro ni el fin del orbe. Sin embargo, hay dos elementos en la filosofía natural de los siglos XVII y XVIII que al menos aseguran a los sujetos un papel fundamental, no como legisladores, pero sí como observadores inteligentes. Ambos serán puestos en entredicho en el siglo XX, dando lugar a una importantísima revolución científica y epistemológica.

El primero de estos elementos se refiere al carácter estrictamente *previsible* de todo fenómeno físico. No es posible alterar el curso de los acontecimientos por medio de sacrificios, ritos u oraciones, pero sí anticiparlos y actuar en consecuencia. Nada es incierto para la *Inteligencia* de Laplace, ni en el pasado ni en el futuro, si se conoce el estado exacto de un sistema en un tiempo dado, así como las leyes que rigen la sucesión de estados distintos. Tiene razón Kojève³ cuando afirma que determinismo y previsión van ligados, pues si el mundo le fuera dado a una *Inteligencia* en toda su integridad no sólo por relación al espacio (el estado instantáneo del sistema sí debe ser completamente conocido) sino también por relación al tiempo, con el mismo derecho podría decirse que está determinado o que se debe al azar. La distinción entre lo determinado y lo fortuito sólo cabe para un *sujeto limitado en el tiempo* que, no conociendo la serie total (pasada, presente y futura), a partir de un elemento exhaustivamente dado en el espacio, sea capaz de reconstruir dicha serie en todo tiempo. Carece de sentido hablar de un mundo *determinado e imprevisible*.

³ Kojève, A.: *L'idée du déterminisme dans la Physique classique et dans la Physique moderne*. Paris, Librairie Générale Française, 1990, 53-54.

La otra cara del universo determinista es, por tanto, la existencia de un ser capaz de hacer previsiones, lo cual nos remite al segundo elemento antes mencionado. Para que dicho universo pueda ser reconstruido desde su más remoto pasado al más lejano futuro, ha de ser abarcado en su integridad en algún momento de la larga cadena temporal. Y para ello ha de ser *observado*. Ahora bien, la observación ha de llevarse a cabo de modo tal que quede asegurada esa exquisita neutralidad que con tanto afán busca la ciencia moderna. Descartes ofrece la distinción alma-cuerpo como garantía de conocimiento no subjetivo de la *res extensa*. Newton pone a nuestra disposición, siquiera teóricamente, una auténtica atalaya desde la que poder observar un estado cualquiera del universo: *el espacio absoluto*. Éste se introduce como un sistema de referencia que hace inteligible la idea de un observador absoluto, ajeno a las limitaciones de los sujetos psico-biológicos individuales y capaz de contemplar el mundo desde todas las posiciones, lo que es tanto como decir desde ninguna. En este caso tenemos, por tanto, un *sujeto no limitado en el espacio*. La observación permite describir dicho mundo tal como es y tal como evoluciona, sin que quepa hablar de la mediación o de la modificación de lo observado por parte del observador. Se cumple así el más acabado ideal de objetividad en filosofía natural, puesto que, aun reconociendo la necesidad de un sistema de referencia, no hace intervenir las condiciones de ningún sistema particular, ni tampoco las del sujeto vinculado a él.

Al fin ha sido posible prescindir del hombre y de las características subjetivas que impregnaban el conocimiento de la Naturaleza en toda forma de concepción mágica, animista o vitalista. La mecánica de Newton lo ha logrado, legando al siglo XVIII la más *luminosa*, esto es, racional y objetiva explicación de ese inquietante universo que no puede dejar de interpelar a todo ser reflexivo. Recuérdese al respecto el famoso epitafio de Pope a Newton, que da cuenta de una opinión muy extendida durante ese siglo: “*La naturaleza y sus leyes yacían escondidas en la noche; Dios dijo: hágase Newton, y todo se esclareció*”.

Se comprende la fascinación que la mecánica newtoniana ejerció sobre un amplísimo sector de los pensadores ilustrados. Al menos con respecto a los fenómenos físicos era posible aunar *explicación determinista causal y descripción espacio-temporal*, siendo la conjunción de ambas la que hacía posible consumir la tarea racionalizadora de la Naturaleza propia de la ciencia natural.

Hay que decir, sin embargo, matizando las palabras de Pope, que “no todo se esclareció” tras la magnífica empresa newtoniana. Las leyes naturales que

fueron rescatadas de la noche, se aplicaban fundamentalmente al movimiento de los cuerpos celestes; incluso éstos eran tratados como cuerpos físicos ideales, es decir, atendiendo sólo a un cierto número de propiedades. La obra de Newton mostró una gran precisión en astronomía, pero no resultó igualmente aplicable a otros ámbitos. De manera muy especial los problemas referidos a la vida y a su transmisión no parecían tener una consideración adecuada en el contexto de una filosofía mecánica, y lo mismo puede decirse de cuestiones relacionadas con la química, la geología, la paleontología, la botánica o la zoología.

Ello dio pie, a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, a una progresiva reacción en favor de una ciencia natural puramente descriptiva, la denominada *historia natural*, en contra de la *filosofía natural* mecánica y geométrica. Fue implantándose así una forma de *neo-naturalismo*, emparentada con el naturalismo animista del siglo XVI que, al proponer una concepción dinámica y creadora de la Naturaleza próxima a la alquimia o a la astrología, sirvió también de estímulo al cultivo de todo tipo de ciencias ocultas⁴.

El Siglo de las Luces tuvo, por tanto, profundas zonas de sombra y oscuridad, de modo que el avance del proceso racionalizador no fue uniforme ni regular. Frente a la unidad, claridad y simplicidad de la razón geométrica realizada en un universo mecánico, resurgieron con fuerza las ideas de complejidad, fecundidad y misterio, que convertirían dicha Naturaleza, no tanto en objeto de conocimiento, como de adhesión apasionada.

En el artículo de la profesora Mataix contenido en este mismo volumen (“Claro-oscuro de la Naturaleza en el Siglo de las Luces”) se ponen precisamente de manifiesto algunas de estas sombras que contrastan con “el brillante y luminoso mundo de la mecánica clásica”. El mecanicismo clásico tenía límites incuestionables, primero, porque no podía explicar todo; segundo, porque adolecía de ciertos problemas de coherencia interna de difícil solución y, tercero, porque la estrecha convivencia entre filosofía natural y religión natural hacía que se solaparan principios heterogéneos e incompatibles, que rompían la coherencia del paradigma. Nos encontramos pues con que parcelas muy importantes, sobre todo referidas al mundo animado, no se integraban dentro del gran esquema del Universo-Máquina. Por otro lado, la propia descripción mecánica del comportamiento de los seres inanimados se encontraba con serios problemas, tanto si hacía uso de conceptos físicos

⁴ Ver: Ehrard, J.: *L'idée de Nature en France a l'Aube des Lumières*. Paris, Flammarion, 1970; chap. 4º: “Les Nouveaux Naturalistes: L'idée d'évolution”.

meramente geométricos, al modo cartesiano, como si introducía conceptos dinámicos y, en particular, el de atracción gravitatoria. El conflicto entre gravedad e inercia fue de hecho una de las asignaturas pendientes de la física clásica. Por último, la consideración de lo existente a modo de un reloj, obra del Relojero Supremo, tendía a incorporar elementos finalistas y antropocéntricos en su descripción, que casaban mal con la ortodoxia mecanicista.

Pues bien, la cuestión que habría ahora que plantear es si, desde la perspectiva del siglo XX, cabe hablar del total “desvanecimiento de las sombras” en el estudio de la Naturaleza. En un primer momento, si nos atenemos a los ámbitos de oscuridad mencionados, podríamos sentirnos inclinados a una triunfal respuesta afirmativa.

La conciliación entre gravedad e inercia ha dejado de ser un problema a partir de la Teoría General de la Relatividad. Ya nadie discute acerca de la viabilidad del concepto newtoniano de fuerza de atracción gravitatoria, tras el proceso de geometrización al que le ha sometido Einstein. Podríamos afirmar, tal como el propio físico alemán reconoce, que con ello se acentúa una visión mecánico-geométrica de la Naturaleza más próxima al ortodoxo Descartes que al heterodoxo Newton. En definitiva, los problemas de coherencia interna anteriormente aludidos habrían encontrado una vía de solución.

Por otra parte, es manifiesto que en este siglo ni la química, ni la biología se sirven de principios explicativos incompatibles con la física. Las propiedades de los elementos, consideradas últimas e irreductibles en la alquimia y también en el atomismo químico de Dalton, son ahora explicadas por la microfísica a partir de las diferentes configuraciones de las partículas subatómicas. Anaxágoras ha cedido el lugar a Demócrito, abriéndose una etapa en la que la química no es ya una ciencia independiente de la física. La biología, por su parte, ha incorporado al tipo de explicación mecánica cuestiones tan debatidas en el siglo XVIII como la de la herencia. La moderna genética explica el ser vivo atendiendo a las funciones químicas de los componentes de las estructuras celulares, excluyendo toda consideración de carácter vitalista.

En definitiva, puestas así las cosas, habría que pensar que se ha cumplido el programa concreto de racionalización de la Naturaleza que se inició en el siglo XVII y que en el XVIII fue considerado como la prueba del progreso imparable de las “luces”. La razón matemática habría proyectado su potente foco sobre el conjunto de los entes naturales, disipando la oscuridad que se cernía sobre todo aquello que, a lo largo de la historia de la humanidad, había

sido objeto de consideración misteriosa, animista, o simple y llanamente *irracional*. Desde nuestra condición de espectadores de este siglo que finaliza, es buen momento para valorar ese proyecto intelectual que inspiró a los creadores y propagadores de la moderna ciencia natural y que, de modo tan profundo, influyó en el pensamiento ilustrado. A ello dedicaré la segunda parte de este artículo.

* * * * *

Las películas de terror que más desasosiego producen son aquéllas en que el asesino está encerrado con su víctima dentro de un espacio que, por muy grande que sea (una gran mansión, un hotel, etc.), ninguno de los dos puede abandonar. No hay nada más inquietante que tener al enemigo en casa, pues entonces no queda el recurso de retirarse a un lugar protegido desde el cual tratar de ofrecer resistencia con más o menos fortuna. En términos generales, la *ciencia natural del siglo XVIII tenía un ámbito teórico suficientemente consistente que le había proporcionado la obra de Newton*. Fuera y coexistiendo con él, hallamos esa tendencia contraria de carácter neo-naturalista, que trataba de derribar los cimientos mismos de una concepción mecánica y estática de la Naturaleza. Existía pues el enemigo, pero éste no había penetrado en la morada propia.

En el siglo XX, sin embargo, si de lo que se trata es de producir el mayor desconcierto posible a causa de la proximidad del adversario, hay que reconocer que la empresa ha sido todo un éxito, puesto que dicho adversario se ha instalado en el núcleo mismo del edificio científico contemporáneo. Lo paradójico es que ahora no tiene rostro de mago, alquimista o astrólogo (aunque éstos proliferen en la sociedad plural de nuestros días), sino de físico. Sorprendentemente y contra todo pronóstico, un grave factor de irracionalidad se ha deslizado, en 1900 en el seno de la *ciencia natural mejor construida en 1900, la física*. Su introductor ha sido el denominado *postulado cuántico*.

Es un presupuesto fundamental de la mecánica clásica el hecho de que la Naturaleza no da saltos. El *principio de continuidad* establece que las acciones y operaciones de la Naturaleza son continuas; esto es, los sistemas evolucionan de modo tal que el paso de unos estados a otros se realiza pasando siempre por todos los estados intermedios. Desde luego ya Zenón mostró que *la consideración del cambio desde el continuo es problemática, pero también*

es cierto que resultó la alternativa más fecunda. Por otro lado, la creación del cálculo infinitesimal puso en manos de los físicos de la edad moderna un instrumento de gran utilidad para el estudio de las magnitudes continuas. Cabe así afirmar que nos hallamos ante un tema que fue indiscutido e indiscutible hasta las puertas mismas del siglo XX.

Frente a esto, el postulado cuántico puede ser caracterizado como un *principio de discontinuidad*. A nivel elemental la materia sólo puede existir en estados discretos, estando prohibidos los valores que correspondan a estados intermedios. Los procesos físicos son indivisibles, de manera que la transición de uno de esos estados a otro está regida por las leyes de los números enteros.

Pues bien, es esta indivisibilidad o discontinuidad la que introduce un revolucionario factor de irracionalidad en el modo establecido desde la modernidad de comprensión de la Naturaleza (muy distinta, desde luego, a la de astrólogos o magos). El famoso físico Niels Bohr lo manifiesta en estos términos:

“El postulado fundamental de la indivisibilidad del cuanto de acción es en sí mismo y desde el punto de vista clásico un *elemento irracional que nos obliga inevitablemente a renunciar a una descripción causal en el espacio y en el tiempo*”⁵.

Éste es justamente el problema: en sí mismo y desde los supuestos de la ciencia clásica, el postulado cuántico hace inviable el uso conjunto de los dos elementos que eran imprescindibles para comprender el comportamiento presente de los cuerpos que integran la Naturaleza, así como su evolución pasada y futura. Esos elementos eran la *explicación determinista causal* y la *descripción espacio-temporal*. En efecto, *espacio, tiempo y causalidad* se habían revelado como elementos imprescindibles de todo conocimiento objetivo, tal y como consagra Kant en su *Crítica de la Razón Pura*. Aplicado esto a entidades físicas, se traduce en lo siguiente.

Todo sistema físico posee ciertas propiedades observables a las que se accede mediante las correspondientes operaciones de medida. Dichas propiedades son fundamentalmente de dos tipos: cinemáticas (las cuales permiten establecer una localización definida en el espacio y en el tiempo) y dinámicas (tales como la cantidad de movimiento o la energía). Para conocer el

⁵ Bohr, N.: *La teoría atómica y la descripción de la Naturaleza*. Madrid, Alianza Editorial, 1988, 59. (La cursiva es mía).

estado del sistema hay que poder fijar el valor de unas y otras (posición-cantidad de movimiento o energía-tiempo) en un instante dado, además de las variaciones causalmente determinadas que se producen en un tiempo posterior. Para ello es necesario considerar el sistema como cerrado y aplicar principios de conservación de las magnitudes dinámicas. Quiere eso decir que, aunque se trata de principios lógicos independientes, existe un estrecho vínculo entre *principio de causalidad* y *principio de conservación*. En resumen, la descripción clásica de un sistema físico supone la combinación de la descripción de la coordenadas espacio-temporales junto con la determinación de la serie sucesiva de modificaciones de sus estados mediante el uso de principios de conservación, y ello *simultáneamente, con absoluta precisión y sin límite alguno*. En palabras de Bohr:

“La descripción determinista de la física clásica se basa en la asociación sin restricción de la determinación de las coordenadas en el espacio y en el tiempo a las leyes dinámicas de conservación”⁶.

Nada en la teoría impedía cumplir con esta exigencia gracias a la validez del presupuesto del continuo. En cambio, la irrupción del postulado cuántico a comienzos de siglo establece *por principio* la imposibilidad de satisfacerla. Dos factores van a permitir explicar la nueva relación de incompatibilidad entre la localización espacio-temporal y el principio de causalidad.

El primero de ellos tiene que ver con el carácter excluyente de las condiciones experimentales requeridas para la determinación simultánea del estado cinemático y del estado dinámico de los sistemas, debido a la indivisible interacción entre el objeto y el aparato de medida. Bohr insistirá en que, para medir con precisión la posición de un objeto, debe conocerse con igual precisión la del aparato de medida, pero ello exige que dicho aparato esté rígidamente unido a la estructura que define el marco de referencia espacial. Ahora bien, esta condición es incompatible con la de la medida de la cantidad de movimiento exacta, pues para determinar ésta es preciso que la propia cantidad de movimiento *anterior* del aparato de medida sea conocida y que su modificación a causa de la interacción con el objeto sea mensurable. Resulta, sin embargo, que a su vez esto último requiere que el aparato de medida *no* esté rígidamente unido a la estructura que define el marco de referencia espacial, lo que hace perder la medida de la posición. En definitiva, la

⁶ Bohr, N.: *Física atómica*, 89.

medida de la posición no permite la medida de la cantidad de movimiento, y viceversa. Y lo mismo podría decirse de la medida del tiempo y de la energía. El efecto de los procedimientos de observación sobre el objeto a investigar ocasiona necesariamente la exclusión mutua de dos tipos de información necesarios para dar cuenta del sistema.

El segundo de los factores anteriormente mencionados estipula la imposibilidad de controlar, calcular y eliminar la magnitud de la interacción entre el objeto y el aparato de medida. Así, no cabe argumentar acerca de la posibilidad de determinar la modificación de la cantidad de movimiento producida por la medida de la posición midiendo la cantidad de movimiento del objeto antes y después de la interacción con el aparato y aplicando el principio de conservación de esta magnitud, de modo que el valor de la perturbación fuera el valor de la diferencia entre uno y otro. Pues en tal caso el aparato dejaría de cumplir su función como tal, que consiste en medir la posición exacta del objeto, para convertirse él mismo en objeto cuya cantidad de movimiento se trata de determinar supuestamente en el mismo tiempo en que se pretende medir la posición. Por las razones anteriormente expuestas, si se mide el momento no puede medirse la posición, con lo cual efectivamente el aparato dejaría de ser un aparato de medida de la posición para pasar a ser un objeto cuya cantidad de movimiento se busca conocer. La conclusión a la que se llega es que “la perturbación causada por la medida no puede ser jamás determinada”⁷, cosa que no sucedía en la física clásica.

En resumen, el descubrimiento del cuanto de acción no permite alcanzar el ideal clásico según el cual el objeto observado se define con independencia del sistema de referencia del observador. La noción de sistema observado cerrado ya no puede mantenerse; toda observación comporta una ineludible interacción que convierte al objeto en un sistema abierto, indisolublemente ligado al aparato de medida. Ello impide establecer una rígida distinción entre lo que se observa, el fenómeno, y los medios con los que se observa, puesto que lo que el fenómeno sea depende de las condiciones en que es observado. De ahí que, en opinión de Bohr, este concepto incluya en el contexto de la nueva mecánica, no sólo los efectos observados, sino las propias condiciones de observación incluyendo el dispositivo experimental⁸.

⁷ Bohr, N. (1934): *La teoría atómica ...*, 60. Ver también: Bohr, N.: “Causality and Complementarity”, *Philosophy of Science*, 4, (1937), 291-292 y Bohr, N.: *Física atómica y conocimiento humano*. Madrid, Aguilar, 1964, 24.

⁸ Bohr, N.: *Física atómica ...*, 90.

El postulado cuántico ha ligado indivisiblemente el fenómeno a observar y los instrumentos de observación, y ello de modo tal que la sola pretensión de controlar ese vínculo produce un fenómeno nuevo, tan inseparable como el anterior de las condiciones en que es aprehendido.

“En realidad — nos dice Bohr— ha sido el descubrimiento del cuanto de acción el que nos ha enseñado que la física clásica tiene un rango de validez limitado, *enfrentándonos a la vez a una situación sin precedentes en la física al plantear bajo una nueva forma el viejo problema filosófico de la existencia objetiva de los fenómenos con independencia de nuestras observaciones (...)*. El límite que la Naturaleza misma nos ha impuesto respecto a la *posibilidad de hablar de los fenómenos como algo que existe objetivamente* encuentra su expresión en la formulación de la mecánica cuántica”⁹.

La opinión según la cual es la Naturaleza *en sí misma* la que se deja conocer, constituye una tesis epistemológica central de la mecánica clásica. La noción de *objeto observado* puede establecerse con total independencia del sujeto observador y de sus operaciones de medida. Al medir ciertos parámetros se accede a las propiedades reales de los objetos con existencia independiente. La mecánica clásica defiende, por tanto, una clara forma de realismo, en la que el proceso de obtención de conocimientos verdaderos pasa por la eliminación de todo vestigio del sujeto. Ni el fenomenismo, ni el idealismo del siglo XVIII hicieron variar esta posición.

Es en el siglo XX cuando la cuestión suscitada por Berkeley se replantea, esta vez desbordando el ámbito estrictamente filosófico para invadir el de la ciencia natural. La ruptura de la continuidad ha obligado a una profunda revisión de los pilares en los que se asentaba el modo de descripción realista clásico de la Naturaleza, dando lugar a un renovado diálogo entre Hilas y Filonus. De lo que se trataba entonces era de dar cuenta del comportamiento autónomo, causalmente determinado de los cuerpos en el espacio y en el tiempo, prescindiendo de las condiciones empíricas del sujeto observador. Sin embargo, tras la introducción del postulado cuántico, al establecer un límite mínimo a la cantidad de interacción observacional, ha de contarse con el dato teórico de que ésta siempre supondrá una forma de actuación sobre lo observado que anula la existencia del estado originario y lo convierte en otro distinto. No cabe una contemplación de la Naturaleza neutra y respetuosa que permita conocer sin transformar.

⁹ Bohr, N.: *La teoría atómica ...*, 153. (La cursiva es mía).

Como resultado de lo todo expuesto, Bohr afirma lo siguiente:

“La definición del estado de un sistema exige la eliminación de toda perturbación externa, lo que, según el postulado cuántico, *excluye también toda posibilidad de observación y sobre todo hace que los conceptos de espacio y tiempo pierdan su sentido inmediato*. Si, por otro lado, y con objeto de hacer posible la observación, admitimos la eventualidad de interacciones con los instrumentos de medida apropiados que no pertenecen al sistema, se hace imposible por la naturaleza misma de las cosas, definir de manera inequívoca el estado del sistema y, en consecuencia, *no puede ser cuestión de la causalidad en el sentido ordinario de la palabra*. Es preciso considerar una modificación radical de la relación entre la *descripción en el espacio y en el tiempo* y el *principio de causalidad*, que simbolizan respectivamente las posibilidades ideales de observación y definición, y cuya unión es característica de las teorías clásicas”¹⁰.

En efecto, según se ha visto, nos encontramos ahora con la circunstancia, totalmente paradójica desde el punto de vista tradicional, de que todo dispositivo creado para recabar datos acerca de la localización espacio-temporal no puede sino destruir la información a su vez requerida para fijar la evolución dinámica causalmente determinada de los sistemas, y viceversa. Así, no hay posibilidad de obtener simultáneamente y con precisión una y otra. Se trata de condiciones *excluyentes* y, sin embargo, *necesarias* para acceder al conocimiento completo del sistema. El *principio de incertidumbre* de Heisenberg expresa esta imposibilidad en términos matemáticos, mostrando cuantitativamente el grado limitado de exactitud que es posible lograr simultáneamente.

Todo ello nos presenta un difícil panorama de graves consecuencias. Puesto que los operadores cuánticos no conmutan (lo cual viene establecido por el mencionado principio de Heisenberg), el resultado de los procesos de observación y medida *depende del orden* en que se lleven a cabo (el orden de los factores sí altera el producto). Pero establecer ese orden es decisión libre del científico. Luego, es ineludible preguntarse si es posible seguir manteniendo el ideal de objetividad de la ciencia creada a partir del siglo XVII, según el cual el objeto observado posee propiedades estrictamente definidas al margen del sujeto observador. Pues la alternativa es la siguiente: o se afirma que hay objetos sin propiedades (substancia sin accidentes), o se entiende que sí tienen propiedades, pero éstas carecen *en sí mismas* de valor numérico concreto en tanto no son medidas (lo que aplicado a una mesa, por ejemplo, equivaldría a decir que *tiene* longitud, pero que ésta no es ni de un metro ni de dos, en tanto no se extiende sobre ella una vara de medir). Preguntarse

¹⁰ Bohr, N.: *La teoría atómica ...*, 100. (La cursiva es mía).

por su realidad con independencia de los observadores sería, por tanto, algo así como interrogarse por la realidad de la habitación de Berkeley cuando ningún ser percipiente está presente. Más bien hay que decir que lo que se observa, el fenómeno, depende de las condiciones en que es observado. El postulado cuántico ha ligado indivisiblemente el objeto a observar y los medios de observación, imposibilitando radicalmente toda pretensión de romper ese vínculo a fin de restituir a cada uno de ellos su realidad independiente. Hablar del comportamiento autónomo de los cuerpos en el espacio y en el tiempo sometido al principio de causalidad, ha dejado de tener un significado físico unívoco.

La historia de la microfísica a partir de 1900 nos ha deparado revolucionarias innovaciones, cuyas implicaciones filosóficas no han pasado desapercibidas, ni a los filósofos de este siglo, ni a los propios creadores de la teoría cuántica. Así, desde la tercera década de este siglo se han sucedido los congresos, debates públicos y privados, artículos, etc., en los que se ha polemizado y se sigue polemizando sobre el tipo de *concepción de la Naturaleza* a la que conducen los nuevos planteamientos.

Próximos ya al año 2000, hay que decir que no se ha logrado una opinión unánime al respecto. La cuestión del determinismo, la posibilidad de una representación espacio-temporal de los fenómenos, el tipo de realidad que ha de concederse a los entes físicos, la relación entre objeto observado y sujeto observador, y tantas otras, siguen acaparando la atención universitaria internacional, y constituyen tema de cientos de publicaciones casi imposibles de abarcar.

El enfoque hasta aquí hecho se atiene a la interpretación *ortodoxa* conocida como *Escuela de Copenhague*, que lideraron Niels Bohr y Werner Heisenberg. Aún hoy en día sigue siendo la que todos los estudiantes de física aprenden en las facultades de ciencias sin que, en general, sus consecuencias filosóficas les sean explicitadas. Sin embargo, los padres de la teoría sí fueron conscientes de la profunda revolución epistemológica que todo ello implicaba. Los dos físicos citados, por ejemplo, se dirigieron insistentemente a filósofos y científicos, invitándoles a reflexionar sobre la posibilidad de seguir manteniendo un ideal clásico de explicación objetiva de la Naturaleza, en la que ésta se considere independiente, no ya de Dios, sino del hombre mismo.

En la primera parte de este artículo me he referido a la larga batalla del pensamiento por tomar distancia de las cosas a fin de poderlas conocer depuradas de toda contaminación subjetivista. Desde la consideración mágica de la Naturaleza hasta el dualismo cartesiano y su distinción conceptualmente

clara y distinta entre alma y cuerpo; desde la mecánica newtoniana en la que el acontecer universal se describe desde sistemas absolutos de referencia no vinculados a observador alguno hasta la problemática ciencia contemporánea, transcurre la historia de una de las actividades más apasionadas y apasionantes del ser humano: aquélla en la que éste intenta apartar la mirada de sí mismo para dirigirla a lo otro, a lo que no es obra de su mano, a lo *natural* en sentido aristotélico.

La consigna permanente ha sido borrar toda huella, todo vestigio de su propio quehacer, de manera que ninguna condición de quien contempla se proyectara sobre lo contemplado. En el camino quedaron dioses y espíritus de los seres animados formados a partir de los temores y anhelos humanos; también se perdió toda consideración teleológica o providencialista; incluso las bellas cualidades sensibles pasaron a engrosar las filas de lo subjetivo.

La meta siempre fue la misma desde que los griegos lanzaron su racional desafío: garantizar la aprehensión objetiva de un mundo que, ontológicamente hablando, había llegado a ser autosuficiente, al menos a partir de la física aristotélica. Lo que la ciencia natural de nuestro siglo pone precisamente en entredicho es la posibilidad de seguir vinculando la objetividad del conocimiento a esta supuesta autosuficiencia del mundo. La descripción de las propiedades del conjunto de objetos que lo integran no puede hacerse prescindiendo de los procesos mediante los cuales se accede a dichas propiedades; más bien forman parte indisoluble de los fenómenos mismos. En consecuencia, muy serios obstáculos se levantan contra la representación de la realidad natural en términos de realidades substanciales soporte de propiedades susceptibles de ser conocidas tal como son.

La quiebra de la continuidad ha conducido a una revolución muy semejante a la que Kant propuso en la segunda mitad del siglo XVIII: no es nuestro conocimiento el que ha de regirse por los objetos, sino los objetos los que deben conformarse a nuestro conocimiento. Se introduce de este modo un *sujeto gnoseológico* que exige la renuncia a dar cuenta del nómeno, a cambio de fundar el conocimiento objetivo del fenómeno. Por su parte, la interpretación ortodoxa de la nueva física ya no pretende describir el comportamiento independiente de los sistemas en el espacio y en el tiempo, al margen de las condiciones teóricas y empíricas de su descripción. La Naturaleza no puede ser caracterizada haciendo caso omiso de los sujetos que la contemplan, la interrogan, la analizan y la interpretan.

Al físico, afirma Heisenberg, “no le es lícito hablar sin más de la Naturaleza *en sí*. La ciencia natural presupone siempre al hombre, y no nos

esta permitido olvidar que, según ha dicho Bohr, nunca somos sólo espectadores, sino también actores en la comedia de la vida”¹¹. El hombre no puede retirarse de la escena porque las condiciones de quien inquiere forman parte de la inquisición misma. Por consiguiente, la representación que obtenemos de la Naturaleza a través de la ciencia no es sino la de nuestra relación con ella. Situado ante el gran espectáculo del mundo, el espectador se reconoce a sí mismo.

Todo lo dicho nos conduce a la idea de *un mundo dado ante un sujeto*. Pero ¿de qué sujeto hablamos? Desde luego no nos referimos al sujeto psico-biológico cuyas diferencias ligadas a su constitución individual, le inhabilitan como polo del conocimiento científico. Kant nos propone un sujeto gnoseológico trascendental, superador de todos los inconvenientes del yo substancial cartesiano o de la diluida conciencia empirista. Su carácter posibilitador de toda experiencia le convierte en digno de la mayor atención, pero aún resulta insuficiente. Precisamos un *sujeto gnoseológico encarnado* cuyo acto de conocer, no sólo ponga en juego intuiciones sensibles espacio-temporales, sino manipulaciones con aparatos, operaciones de medida, en definitiva, procesos físicos.

En un sentido parecido Kojève¹² habla del *sujeto físico*, que no es una *conciencia en general* sino un *investigador en general*. Nos propone considerarlo como ocupando un lugar intermedio entre el sujeto gnoseológico y el puramente biológico ya que, por un lado, necesita servirse de artificios materiales para conocer, pero, por otro, no es tomado como un ser vivo que aprehende los objetos tal cual se presentan al conjunto de los órganos de sus sentidos.

El sujeto gnoseológico encarnado está inseparablemente ligado al objeto material; de la interacción de ambos resultan los fenómenos que estudia la ciencia natural.

Llegados a estas alturas del artículo, tal vez más de un lector haya comenzado a impacientarse. ¿Acaso no vivimos tiempos de postmodernidad en los que el sujeto ha sido definitiva y saludablemente *deconstruido*? Especialmente en la segunda mitad de nuestro siglo, hemos asistido al drama de la privación de fundamento a la búsqueda misma de fundamento. Una de las primeras consecuencias de la puesta en escena de este drama ha sido la

¹¹ Heisenberg, W.: *La imagen de la Naturaleza en la Física actual*. Barcelona, Ariel, 1976, 13.

¹² Kojève, A.: *L'idée du déterminisme ...*, 165-166.

disolución de aquello que en la filosofía moderna, de Descartes a Kant, había desempeñado el papel de soporte o cimiento sobre el que se sostenía el edificio del conocimiento: *el sujeto*. Ahora, en cambio, se nos invita al abandono de toda referencia que privilegie un centro, un origen, un principio, un sujeto.

El profesor Pinillos¹³ ha aludido a este proceso que nos lleva a remontarnos hasta Nietzsche y Freud en su crítica a la racionalidad ilustrada, y que culmina en nuestros días en la obra de autores como Derrida o Lyotard. Su influencia en las ciencias humanas, la filosofía, la literatura, el arte ha sido profunda, sometiendo las producciones culturales del denostado sujeto a un implacable proceso de fragmentación, rompimiento y disociación. El propio personaje postmoderno no escapa a este frenesí desintegrador y rupturista, en el que toda tendencia a la afirmación de un núcleo de identidad personal es combatida.

“Lo que principalmente ha hecho el postmodernismo —afirma el profesor Pinillos— ha sido problematizar las nociones dominantes de mí mismo, del otro y de la identidad en campos como la literatura, el teatro, la fotografía, el cine, el feminismo, los gays o la xenofobia. En otras palabras, ha tematizado el carácter problemático que ha pasado a tener la subjetividad moderna y la identidad personal en un mundo postmoderno”¹⁴.

Nada estable ni permanente subsiste en un estilo de pensamiento *lúdico*, que desautoriza toda intención filosófica de levantar un *sistema* desde el que dar respuesta a los grandes temas de la verdad, la objetividad y la realidad. Si la subjetividad es una de las víctimas de esta singular batalla, no mejor suerte corre la noción misma de objeto capaz de ser aprehendido por un sujeto. El postmodernismo se halla en abierta confrontación con los ideales racionalistas modernos.

Al tratarse de algo plenamente actual, nos falta toda perspectiva para poder atisbar cuál será el futuro de esta cultura tan expresiva de un mundo occidental en crisis. Por otro lado, no toda filosofía contemporánea comparte estos puntos de vista, si bien es cierto que le resulta difícil no verse de una u otra manera involucrada por ellos, aunque no sea sino para adoptar una posición crítica. Y lo mismo cabe decir del arte o de la literatura.

Hay, sin embargo, un ámbito al que tal empresa es ajena, un ámbito en el

¹³ Pinillos, J. L.: “La deconstrucción del sujeto en el pensamiento post-modernista”. *Anales de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas*, 71, (1994), 55-85.

¹⁴ Pinillos, J. L.: “La deconstrucción ...”, 83.

que esta forma de pensamiento no ha calado. Me refiero a la reflexión sobre la Naturaleza que, en el siglo XX, pasa mayoritariamente por la *ciencia natural*. Si las ciencias humanas se han visto sacudidas por el postmodernismo, no puede decirse lo mismo de aquélla. Ignorante de la actividad trituradora deconstruccionista, aquí permanece imperturbable la creencia griega en la *unidad y simplicidad de una Naturaleza* presidida por el orden, la regularidad y la armonía y, por ello mismo, inteligible o susceptible de ser conocida desde la razón. Al menos esto es así en las dos construcciones teóricas más importantes de nuestro siglo en el campo de la física, la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica. Y aun cuando en los últimos años se han introducido planteamientos nuevos profundamente innovadores (que no invalidan los resultados de las dos mecánicas anteriores), tales como la física del caos, la geometría de los fractales o la teoría de las catástrofes, no parece que afecten al núcleo fundamental que aquí se aborda.

El hecho es que, desde los primeros filósofos hasta nuestros días, esto es, desde Tales de Mileto hasta la actual y controvertida teoría de supercuerdas, es posible rastrear la misma aspiración a encontrar los elementos fundamentales del mundo físico, de los que debiera poder derivarse una explicación de todos los fenómenos. Las aportaciones de Newton, Maxwell o Einstein, por citar tres ejemplos, a la tarea de lograr una progresiva *unificación* de la física no son sino la lógica respuesta al supuesto de partida: *la Naturaleza es unitaria*. Si el objeto de las ciencias humanas ve su identidad puesta en entredicho, no ocurre lo mismo con el de la ciencia natural. Y es que en este campo del saber lo que no se ha cuestionado es la validez de la racionalidad ilustrada, heredera a su vez de los ideales griegos. La ciencia es una tarea reservada a los creyentes en la razón. Einstein ha hablado incluso de la base religiosa del esfuerzo científico en su ardiente persecución, no sólo de *cómo es la Naturaleza*, sino también de *por qué es como es y no de otra manera*.

“Yo sostengo — dice Einstein — que el sentimiento religioso cósmico es el motivo más fuerte y más noble de la investigación científica. Únicamente quienes entienden el inmenso esfuerzo y la devoción sin la cual sería imposible el trabajo innovador en la ciencia teórica, son capaces de captar la fuerza de la única emoción de la que puede surgir tal empresa, siendo como es algo alejado de las realidades inmediatas de la vida”¹⁵.

La ciencia es el producto de la fe en la racionalidad del universo, de la emoción ante el orden que la Naturaleza revela, del asombro frente a la armo-

¹⁵ Einstein, A.: *Mis ideas y opiniones*. Barcelona, Antoni Bosch, 1981, 34-35.

nía de las leyes naturales. Fe, emoción y asombro que el físico del siglo XX comparte con el filósofo natural del siglo XVIII. Una dificultad añadida, sin embargo, ensombrece y obstaculiza la tarea del primero, puesto que el tipo concreto de racionalización propuesto por Newton y sus seguidores ya no es viable en todos los órdenes de magnitud. La ruptura del principio de continuidad ha convertido en excluyentes informaciones que son necesarias para el conocimiento completo de los sistemas. Se hace así necesario encontrar una salida *razonable* a la nueva incompatibilidad surgida entre localización espacio-temporal, por un lado, y explicación causal, por otro.

Kant defendió la posición según la cual, tanto las intuiciones puras de espacio y tiempo, como la categoría de causalidad, entre otras, son condiciones de posibilidad de todo objeto de experiencia posible. Con ello consagró la prioridad de la epistemología sobre la ontología o, si se quiere, la primacía del pensar sobre el ser. El peso de la fundamentación recayó sobre el sujeto, si bien despojado de todo carácter substancial. Su tesis no fue compartida por la ciencia natural de su época, asentada en un contexto abiertamente realista.

Paradójicamente ha sido la ciencia natural de comienzos de siglo, la que se ha visto obligada a replantear la tradicional ausencia del observador en la descripción de lo observado, justo cuando desde ciertos sectores filosóficos, muy críticos con el quehacer científico, se levantaban voces en defensa del ser al margen de las condiciones del pensar.

Iniciamos estas páginas presentando la historia del conocimiento de la Naturaleza como la historia de la progresiva descontaminación de ésta de toda clase de ilegítimas proyecciones de los seres humanos, tal como Descartes defendió con insistencia y rigor. Finalizamos sometiéndolo a consideración la necesidad de una urgente revisión de la deconstrucción del sujeto llevada a cabo. Pues acaso no sea sólo la ciencia natural, sino también la ecología, la economía y, sobre todo, la ética y la política, las que precisen debatir este importante tema.