

El estado de la cuestión

Ayer y hoy de la filosofía de la naturaleza

Juan Arana

Resumen

El autor ha dedicado más de treinta años al estudio de la filosofía de la naturaleza y ha publicado sobre ella tres extensas monografías y decenas de otros trabajos. En este artículo hace un balance sobre la evolución y estado actual de esta materia.

Abstract

The author has spent over thirty years dedicated to the study of natural philosophy and has published it three long monographs and dozens of other jobs. This article takes stock of the evolution and current status of this matter.

Palabras clave: Filosofía de la naturaleza, ciencia, metafísica, física, epistemología del riesgo.

Key words: Natural philosophy, Science, Metaphysics, Physics, Epistemology of Risk.

1. Filosofía de la naturaleza como vocación

Es este trabajo me propongo examinar la situación presente de la filosofía de la naturaleza. Voy a obviar pormenores eruditos y no pondré otras referencias que las que remiten a mis propios trabajos¹,

¹ He publicado cuatro libros relativos a temas de filosofía de la naturaleza de cierta amplitud: *Claves del conocimiento del mundo. 1. Materia y movimiento*. Kronos, col. Kronos Universidad, Sevilla, 1996; *Claves del conocimiento del mundo. 2. Universo y vida*. Kronos, col. Kronos Universidad, Sevilla, 2000; *Materia, Universo, Vida*. Tecnos, col. Ventana Abierta, Madrid, 2001; *Los sótanos del Universo. La determinación natural y sus mecanismos ocultos*. Biblioteca Nueva, col. Manuales Universidad, Madrid, 2012. También cuatro monografías más específicas: *Ciencia y metafísica en el Kant precrítico (1746-1765). Una contribución a la historia de las relaciones entre ciencia y filosofía en el siglo XVIII*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla, 1982; *Apariencia y Verdad. Estudio sobre la filosofía de P.L.M. de Mairpertuis (1698-1759)*. Charcas, Buenos Aires, 1990; *La mecánica y el espíritu. Leonhard Euler y los orígenes del dualismo contemporáneo*. Editorial Complutense, col. Philosophica Complutensis, Madrid, 1994; *La visione*

donde se encuentra la documentación que avala las tesis y opiniones expuestas.

Durante el turbulento curso 1968-69 yo estudiaba segundo de Caminos en la Universidad Complutense de Madrid. Un compañero del Colegio Mayor Aquinas me habló con entusiasmo de Teilhard de Chardin. Las preocupaciones del momento (algaradas continuas en la Universidad, declaración del estado de excepción, desmotivación y fracaso en los estudios de ingeniería) me animaron a leer *El fenómeno humano*. Poco después decidí cambiar de carrera y empezar la licenciatura de filosofía, algo que mis padres aceptaron a regañadientes y con la condición de hacerlo cerca de casa, en la Universidad de Navarra. Allí me reafirmé en mis ideas y en el curso 1971-72 adopté la resolución de centrar mi trabajo en la filosofía de la naturaleza. Entonces era una asignatura que se impartía en tercer curso de la licenciatura en filosofía y letras, el primero de la especialidad en filosofía «pura» (desafortunada denominación que gracias a Dios ha caído en desuso). La impartía en Pamplona el doctor Wolfgang Strobl, un hombre que nunca se había recuperado por completo de las heridas sufridas en la segunda guerra mundial y cuyo sistema de ideas tampoco acabé de descifrar. Poseía sin embargo una bondad y ganas de ayudar que todavía me emocionan. Yo había llegado a la filosofía tras combinar una formación básicamente científica con preocupaciones religiosas y antropológicas. Las abstracciones metafísicas, así como los planteamientos formalistas y transcendentales, nunca me habían dado frío ni calor, de manera que, aunque no con la letra, conecté con el talante y fondo del mensaje que emitía Strobl. Entonces estaba traduciendo la autobiografía de Werner Heisenberg, con quien tenía una relación personal. Supongo que esa fue la razón (algo influyó también

cosmica di Erwin Schrödinger. A.P.R.A., Roma, 2008. Asimismo cinco ediciones de autores clásicos: traducción, estudio crítico y comentario perpetuo de: KANT, Immanuel: *Pensamientos sobre la verdadera estimación de las fuerzas vivas (1747)*. Peter Lang, Berna, 1988; LEIBNIZ, G.W.: *Escritos de dinámica*. Tecnos, col. Clásicos del pensamiento, Madrid, 1991; SCHRÖDINGER, Erwin: *La nueva mecánica ondulatoria y otros escritos*. Biblioteca Nueva, Madrid, 2001; LEIBNIZ, G.W.: *Obras Filosóficas y Científicas. Vol. 8. Escritos Científicos*. Comares, Granada, 2009. Finalmente, he sido editor de siete volúmenes colectivos: *La filosofía de los científicos*. Thémata, Sevilla, vol. 14, 1995; *La ciencia de los filósofos*. Thémata, Sevilla, vol. 17, 1996; *Incertidumbre y azar*. Anuario Filosófico, Pamplona, vol. XXX/1, 1997; *Los filósofos y la biología*. Thémata, Sevilla, vol. 20, 1998; *Neurofilosofía*. Plaza y Valdés, Madrid, 2010; *Asalto a lo mental. Neurociencia, consciencia y libertad*. Biblioteca Nueva, Madrid, 2011; *Leibniz y las ciencias*. Plaza y Valdés, Madrid, 2013.

el alivio por haber conseguido superar, tras ímprobos esfuerzos, los latines y griegos de los cursos comunes) de que me leyerá de una sentada quince o veinte libros de y sobre la física del siglo XX y escribiera un trabajo de 38 páginas titulado *La teoría cuántica y sus interpretaciones*. Es el espécimen de todo lo que he hecho después. Arrastrado por el entusiasmo de mi profe or pasé el verano de aquel curso en Alemania e inicié la nunca culminada tarea de aprender su lengua.

Entonces ya comentaba con amigos y compañeros que pensaba dedicarme a la filosofía de la naturaleza. Jacinto Choza, entonces profesor ayudante y con alguna idea de lo difícil que era prosperar académicamente, me advirtió de que desde el punto de vista estratégico era muy arriesgado apostar todo a aquella titulación, de la que salían pocas plazas a concurso (y aún saldrían menos en los años siguientes). «Si haces una tesis sobre mecánica cuántica, sólo podrás venderla en filosofía de la naturaleza. En cambio, si la haces sobre Aristóteles, Kant o Hegel, tendrás oportunidad de “colocarla” en filosofía de la naturaleza, metafísica, historia de la filosofía y hasta antropología...». Me apremió además para que eligiera un director de tesis que tuviera algo que hacer en los tribunales de las oposiciones. Sabios consejos que luego he agradecido y repetido a quienes me han preguntado. Creo que eso me ha ahorrado tener sobre la conciencia algunos parados de larga duración.

Voy a procurar apartarme de la línea puramente anecdótica que he seguido hasta ahora para ir al grano. ¿Por qué tenía –y todavía tiene– tan *mala prensa* la filosofía de la naturaleza? Como la mejor defensa es el ataque, diré que la filosofía de la naturaleza está dentro de los estudios filosóficos en una posición similar a la que tiene la propia filosofía dentro del contexto más amplio de la cultura contemporánea. Posición, ocioso es decirlo, cuestionada, rechazada, trivializada. «¿Así que te dedicas a la filosofía de la naturaleza?», me han dicho a veces con cierto retintín los colegas, especialmente los que pertenecen al área de lógica, un poco como diciendo: «¡Pobre diablo!» Estoy cansado, por otro lado, de que gente amiga me presente cuando voy a dar una conferencia diciendo que soy especialista en «filosofía de la ciencia». Me dan ganas de decir: «Pues mire: lo siento, pero no. No soy especialista en filosofía de la ciencia. Tal vez se ha equivocado usted y debiera haber invitado a otro que de verdad lo sea...». Hasta lo he hecho en un par de ocasiones pero, como no me gusta repetirme, suelo dejarlo correr.

2. Los aristotélicos y la física de Aristóteles

A principios de los setenta, un aprendiz como yo encontraba el siguiente panorama: por una parte el aristotelismo todavía dominaba en las materias más especulativas, integrando o contraponiéndose a los principales exponentes y corrientes de la tradición alemana de pensamiento. El marxismo tenía una presencia avasalladora, sobre todo en el campo de la filosofía política o de la historia y en general en el ámbito de los «filósofos jóvenes». Había que contar además con abundantes residuos del neopositivismo y con la pujante filosofía analítica, que junto con el estructuralismo (moda francesa pasajera, pero intensa) apostaba por el *linguistic turn*. Ninguna de esas corrientes encajaba en el titubeante posicionamiento inicial que había adoptado. Los planteamientos «sintéticos» que me habían encandilado –como el de Teilhard– eran objeto de general condena, cuando no rechifla, por parte de tirios y troyanos dentro del mundo académico.

El aristotelismo aún daba carta de ciudadanía a la filosofía de la naturaleza, pero desde mi punto de vista la subordinaba abusivamente a una metafísica concebida de forma especulativa (y no como en Aristóteles, donde física y filosofía primera dialogan en pie de igualdad). Además condenaba la ciencia moderna como un todo, culpándola de haber vendido su alma por un puñado de ecuaciones, al tiempo que la declaraba vehementemente sospechosa de alentar visiones materialistas (el propio aristotelismo, cuando los teólogos lo dejan de la mano, tiene su propia deriva materialista, pero esa es otra historia). Durante un tiempo pensé que la escolástica había sufrido –todavía sufría– un proceso de «kantianización» por culpa del padre Joseph Maréchal y otros autores afines, pero después he llegado a la conclusión de que el asunto viene de más atrás y tiene raíces más hondas. Los que llevaron el peso del diálogo con la naciente ciencia moderna fueron los jesuitas, que en último término se mostraron incapaces de superar el conflicto que sus representantes (Bellarmino, Grassi, Scheiner...) tuvieron con Galileo. Aunque Galileo no consiguiera acabar de definir los rasgos de la física moderna, dio al traste para siempre con la fundamentación empírica de la física aristotélica. Cuando el aristotelismo jesuítico no tuvo más remedio que aceptar esta derrota, prefirió sostener contra toda lógica y evidencia que esa física, a pesar de todo, era buena. La única razón de peso para empecinarse en ello es que la consideraba propicia a una metafísica progresivamente «especularizada» y definitivamente hostil a cualquier

matematización. Esto les condenó a sostener que la nueva ciencia no era en realidad genuina física, sino «otra cosa», en lo cual veo la causa próxima de la separación entre ciencia y filosofía consumada cien años después.

Portavoz y emblema de esta coyuntura es Sebastián Izquierdo, cabeza visible de la Compañía en el momento decisivo. En 1659 (o sea, 22 años después del *Discurso del método*) publicó el *Pharus Scientiarum*, donde desdeñaba a Galileo y Descartes como interlocutores y prefería al mediocre Francis Bacon. Y es que para aquellos escolásticos un empirismo ramplón era mejor referente que otro tamizado por la matemática. En el fondo no estaban tan lejos de lo que luego acabó haciendo Kant, quien principia su *Crítica de la razón pura* con una cita de la *Instauratio magna*. El contencioso es sofisticado, porque Izquierdo divide en dos el campo de la razón, maridando por una parte la metafísica con la matemática y por otra la física... ¡con la teología! Profundamente antiaristotélica es esa división interna de la razón, y –a pesar de lo que pueda parecer a primera vista– también profundamente antiplatónica. Es de sobras conocida la tesis sostenida por Koyré y muchos otros según la cual la ciencia moderna es, desde el punto de vista filosófico, un platonismo renovado. Lo que los modernos buscan en las matemáticas son contenidos ideales, formas, que después reencuentran enterradas en el mundo sensible y los procesos naturales. Izquierdo, en cambio, quita a la matemática sustantividad, la convierte en mera formalidad abstracta, afín por tanto a una metafísica que también está desligada de implicaciones teológicas. La física por su parte es un torpe manejo de contenidos sin rigor ni generalidad, y la teología un fideísmo ayuno de razón.

Tal vez las homologías lejanas, aunque profundas, con Kant no estén del todo desprovistas de conexiones genéticas. El filósofo alemán es doblemente deudor del aristotelismo suareciano. Max Wundt en *Die deutsche Schulphilosophie im Zeitalter der Aufklärung* (1945), y antes que él Benno Erdmann en *Martin Knutzen und seine Zeit* (1876), explicaron que en Königsberg todavía dominaba el aristotelismo de Gregorovius cuando Kant inició sus estudios. También Wolff había integrado elementos de un aristotelismo desexistencializado, y Wolff está detrás no sólo de la formación filosófica de Kant, sino también de su aprendizaje de la física. Por eso, cuando despertó de su sueño dogmático, prefirió condenar la legitimidad teórica de la metafísica concebida *more geometrico* a reconciliarla con una física llena de contenidos matemáticos.

3. *Filosofía de la naturaleza y ruptura de la unidad del conocimiento*

Las dos guerras mundiales se pelearon en Francia, pero quien al final sufrió las peores consecuencias fue Alemania. De modo paralelo, las contiendas epistemológicas que abocaron a la ruptura de la unidad del conocimiento tuvieron lugar en el terreno de la física, pero la metafísica fue la principal perjudicada. Ya en la Antigüedad se había producido una quiebra interna cuando se descubrió la enorme utilidad de la matemática en música, óptica, mecánica y astronomía. En lugar de considerar todas aquellas investigaciones como ejemplos de «física matemática», se prefirió decir que formaban parte de la «matemática aplicada», porque la física (es decir, el resto de las ciencias naturales, con la biología como *gros morceau*) seguía estando bajo el patrocinio de la lógica y la filosofía primera.

Mucho se ha hablado de la *revolución copernicana*, pero desde el punto de vista epistemológico fue aún más revolucionaria la *ptolemaica*. ¿Por qué? La física aristotélica había sido elaborada sobre la matriz de la astronomía de esferas concéntricas desarrollada por Eudoxo. Era imposible reconciliarla con las esferas excéntricas que propusieron Hiparco y Ptolomeo. Así pues, a partir del *Almagesto* se tuvo una astronomía sin física, y una física sin astronomía. La consigna de «salvar los fenómenos» fue una táctica extrema y desesperada para evitar una teoría de la doble verdad dentro del campo de la física, pero abrió por primera vez una grieta entre el mundo sensible y el inteligible, que la *Dissertatio* kantiana de 1770 acabó de ensanchar. A mi juicio, el «buen aristotelismo» está sostenido por la solidez incólume del eje física-matemática-metafísica. Los aristotélicos que permitieron que matemáticas y física hicieran un pequeño «rancho aparte» a la hora de desarrollar la astronomía (con la excusa de «salvar los fenómenos» y despreocupándose de la verdad verdaderamente verdadera) traicionaron las más profundas esencias primigenias de la escuela y sembraron el germen de su futura destrucción. Desde la perspectiva de este aristotelismo que había transigido con la quiebra de la física, el nacimiento de la nueva ciencia no fue otra cosa que una lamentable ampliación de la «matemática aplicada» a costa de la genuina física: no sólo las trayectorias de los astros, sino la estructura de la materia e incluso las fuerzas que desencadenan y mantienen el movimiento dejaban de estar sostenidas por principios metafísicos para buscar amparo en leyes matemáticas (a las que paradójicamente se negaba «rigor matemático»). Una vez más se prefirió «sostenella y no

enmendalla». El resultado fue una física progresivamente adelgazada y vacía de contenido que cada vez miraba más hacia arriba (hacia lo abstracto y especulativo) y menos hacia abajo (hacia lo sustantivo y concreto). ¡Y era esa «física», bajo el nombre de «filosofía de la naturaleza», la que algunos me aconsejaban estudiar y enseñar a finales del siglo XX! Me negué, con educación, pero en redondo. Si uno se ha atado mal una fila de botones, lo correcto es desabrocharlos hasta el primero que esté en el ojal equivocado. En este caso, el descarriamiento fatal se remonta por lo menos a comienzos de nuestra era.

La matemática es una ciencia especializada en considerar relaciones puras. Por no querer reconocer su aptitud y aprovecharla como merecía, la metafísica aristotélica reforzó el papel de la categoría de *sustancia* en perjuicio de la de *relación*, lo que le impidió aprovechar un importante aspecto de la racionalidad de lo real. Los creadores de la ciencia moderna descubrieron ese hueco y se apresuraron a beneficiarse del filón abandonado. En lugar de rectificar a tiempo, recuperando un uso integral y equilibrado del sistema categorial, se perseveró en la visión unilateral del problema, e incluso se empeoró dándole un sesgo más unívoco al concepto de sustancia. Así se generó una divergencia irreconciliable entre el sustancialismo de los metafísicos y el relacionismo funcional de los científicos, que tan lúcida (aunque en el fondo tan equivocadamente) ha analizado Cassirer en su *Substanzbegriff und Funktionsbegriff* (1910).

4. Kant y la metafísica de la naturaleza

Mi tesis es que, en contra de lo que sostuvieron aristotélicos y cartesianos, los *Philosophia naturalis principia mathematica* (1687) de Newton sí constituían una genuina *filosofía de la naturaleza*. Como literalmente afirmó su autor, desarrollaban *la parte matemática* de ella y tan solo necesitaban ser completados con la *parte metafísica*, lo cual hubiese requerido encontrar un sólido anclaje ontológico para las conexiones formales que el físico inglés había abstraído de la experiencia, y que por lo tanto sólo tenían una fundamentación cognitiva relativamente precaria. Esa fue la gran misión histórica asumida por Kant, el único que se atrevió a hacerlo en la decisiva época de la Ilustración. La llevó a cabo cien años después de que se publicara el libro del físico inglés en los *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* (1786). Es muy de lamentar que lo hiciera en la dirección equivocada: en lugar de buscar un punto de apoyo ontológico prefirió consolidar el cognitivo de acuerdo con la deriva

idealista de su «giro copernicano». La propia noción de «metafísica» fue *trascendentalizada*, lo cual equivalía a la pérdida de sus tres concreciones ontológicas: teología racional, psicología racional y cosmología racional. He dedicado un trabajo al proceso², así que no voy a entrar ahora en pormenores. Yendo al meollo del asunto, decir que el giro copernicano operado por Kant consiste en desplazar el centro de gravedad del conocimiento para que pase del objeto al sujeto es tan sólo contar la parte menos importante de la historia. Lo decisivo era y es resolver si la verdad que buscamos descansa en algo exterior a nosotros mismos (la *realidad*) o en un ajuste interno de nuestras facultades cognitivas. Hay que optar en definitiva no tanto entre un concepto realista y otro idealista de verdad, como entre verdad sin apellidos y certeza. Kant optó por la certeza y no por capricho, sino como consecuencia de la sesgada formación científica que recibió. Como he argumentado por extenso en otro lugar³, a pesar de que es un lugar común repetir que estudió directamente a Newton en su juventud, carecía de la preparación física y matemática para ello, y es prácticamente seguro que todo lo que sabía de física y matemáticas lo aprendió en manuales de inspiración wolffiana, como la *Cosmologia generalis* y los *Elementa matheseos universae* de Wolff, las *Institutions de physique* de la Marquesa de Châtelet y los *Elementa physices* de Hamberger. Estas obras le convencieron de que el empirismo lockeano con el que Newton había rematado su trabajo no hacía justicia a su excelsitud, que casaría mejor con el apriorismo de los racionalistas. A la hora de la verdad no aparecen por ninguna parte los juicios sintéticos *a priori* que equivocadamente creyó Kant encontrar en física y en matemáticas. No es extraño que tampoco consiguiera detectarlos en la metafísica, mejor dicho, que solo los encontrara en aquella *Metaphysik der Natur* que con gran optimismo propuso como recambio de la cosmología racional.

Hagamos un breve resumen de la situación: en los aristotélicos que defienden un paradigma unitario del conocimiento la física recoge y conceptualiza los datos aportados por la experiencia sensible y, en parte a través de la matemática, en parte de modo directo, enlaza con la metafísica. Los aristotélicos más antimatemáticos sostienen en cambio que de la física se accede a la metafísica sin mediaciones

² ARANA, Juan: «Kant y el fin de la filosofía de la naturaleza», en *Enrahonar* 36 (2004), pp. 11-24.

³ Véase KANT, Immanuel: *Pensamientos sobre la verdadera estimación de las fuerzas vivas* (1747), trad. y comentario de Juan Arana. Peter Lang, Bernaa, 1988, pp. 311-473.

porque, cuando opta por reformular sus datos matemáticamente, se mete en el callejón sin salida de la matemática aplicada. Las corrientes esencialistas del aristotelismo moderno reaccionan al impulso renovado de las investigaciones físico-matemáticas otorgando un carácter más autónomo y abstracto a la metafísica, lo que la convierte en parangonable a la matemática. La física por su parte pierde alcance filosófico y queda constreñida a un chato empirismo, o bien –paradójicamente– se convierte en cómplice servil de una metafísica que poco o nada tiene que ver con lo real.

Por su parte, los fundadores de la ciencia moderna exploran tres vías paralelas. La primera busca en la inspiración platónico-pitagórica el complemento filosófico adecuado para dotar de un valor realista de verdad a la física empírico-matemática (Copérnico, Galileo, Kepler). La segunda trata de otorgar a la física una fundamentación apriorística estrictamente racional, según modelos equiparables a la matemática (Spinoza), lo cual no está reñido con abrir un cierto margen a las conjeturas –y por tanto a la aportación empírica– en el desarrollo temático de la física (Descartes). La tercera prescinde progresivamente de la fundamentación metafísica racionalista e incrementa en proporción pareja el carácter empírico-conjetural de la física matemática (Huygens), hasta dejar que todo el edificio teórico de la física descansa en un sólido realismo ontológico y un tambaleante empirismo lockeano (Newton). Kant opina que eso es dar un mal final a algo que había tenido un buen principio y sacrifica el realismo ontológico a una fundamentación racional más sólida, para lo cual recupera los más dudosos recursos del aristotelismo esencialista y del racionalismo (Wolff).

5. Física y filosofía de la naturaleza después de Kant

Después de Kant todo se torció, salvo la física empírico-matemática, que conoció la etapa más brillante de su historia. El consenso para obtener una síntesis equilibrada del saber racional quedó arruinado desde entonces hasta hoy. Ya no fue más una opción practicable la búsqueda de una aproximación recíproca entre lo empírico y lo especulativo, o entre lo físico y lo metafísico. Se intentaba, si acaso, recuperar el paradigma de la unidad del conocimiento por la vía de la disolución de un elemento en otro, o por su eliminación pura y simple. Obedecería pues a una dinámica de vencedores y vencidos. Al principio hubo ambiciosas propuestas para otorgar la primacía a lo metafísico-especulativo (Schelling, Hegel). Pronto se

vio no obstante que la pujanza del otro partido era mayor, lo cual se mostró tanto en el trabajo de los filósofos (Comte, Stuart Mill) como en el de los propios científicos con mayor ambición teórica (Ostwald, Mach). Sin perjuicio de las grandes diferencias que mediaban entre estos posicionamientos, hay un rasgo común a todos ellos: aceptaban en lo sustancial el diagnóstico de Kant y declaraban imposible una conjugación de saberes en pie de igualdad, lo cual hubiera exigido renunciar a la pretensión de certezas apodícticas más allá del campo de la matemática y la lógica.

En principio no hubiera sido tan difícil salir del atolladero: habría bastado con reconocer que, puesto que la ciencia positiva no necesita el rigor geométrico para seguir siendo «ciencia», tampoco conviene pedírselo a la metafísica, la antropología o la filosofía de la naturaleza. *El gran error de Kant* (dicho sea para parafrasear a Antonio Damasio), fue pensar que, de las tres ontologías regionales de Wolff (teodicea, psicología, cosmología), tan sólo la cosmología podría ser reciclada y legitimada como «metafísica de la naturaleza» una vez consumado el giro copernicano. Para la teodicea y la psicología racional no quedaba abierto otro camino que el de los presupuestos del ejercicio de la razón práctica.

Se trató sin duda de un «gran error», porque uno de los pocos consensos de los postkantianos consistió en rechazar la existencia de una parte «pura» dentro de la física, en la que Kant cifraba el contenido y cometido de la metafísica de la naturaleza. Sus continuadores decretaron sin ningún escrúpulo la muerte de la filosofía de la naturaleza. En cambio, tanto la metafísica como la antropología filosófica no tardaron en intentar levantarse otra vez como alternativas teóricas solventes (Fichte, Schelling, Hegel), y mal o bien prosiguieron su andadura, aunque arrastrando el lastre de verse separadas del saber positivo. No fueron muchas las excepciones a este panorama doctrinal. Se podrían apuntar los nombres de Bergson, Peirce y James como las más destacadas.

6. *La otra filosofía de la naturaleza*

En resumidas cuentas, la filosofía de la naturaleza «académica» estuvo a punto de sucumbir a un cúmulo de errores y prejuicios. Kant y el aristotelismo esencialista no son los únicos responsables, pero sí los más notorios e influyentes. Si la disciplina que tan equivocadamente trataron de salvar (de la contaminación con lo empírico en un caso, de la contaminación con la matemática en otro)

no sucumbió del todo, fue gracias al trabajo de científicos que no pretendían hacer una «filosofía científica» (como los positivistas y neopositivistas), sino lisa y llanamente buena física, buena química o buena biología. ¿Y quiénes fueron estos personajes? Un ejemplo tan temprano y destacado como poco conocido es el físico y astrónomo francés Alexis Claude Clairaut (1713-1765) quien, mientras Kant trataba de convertir las leyes de Newton en verdades eternas, se atrevió a proponer una modificación en la fórmula newtoniana de la gravedad (la misma cuya aprioridad apodíctica quieren demostrar los *Anfangsgründe*). Y lo hizo simplemente porque no había modo de encajarla con las observaciones sobre las posiciones de la Luna. D'Alembert, Euler y el propio Clairaut se convencieron de que así tampoco se arreglaban las cosas, y la modificación de la ley de la gravedad hubo de esperar a Einstein y Hilbert, ya en el siglo XX. Pero lo importante no es que lo consiguieran o no, sino que *se lo plantearan y lo intentaran*. Aquellos hombres estaban seguros de investigar la *realidad*, y no una fantasmagórica *fachada fenoménica* interpuesta. No tenían la pretensión de comprender *toda* la realidad, pero hubieran rechazado la imputación de que lo suyo no tuviera *nada que ver* con ella. Por tanto, aun sin llegar a *metafísicos*, tampoco se limitaban a *salvar los fenómenos*. Es curioso que precisamente la misma reivindicación que Galileo formuló en el siglo XVII contra los neoaristotélicos, tuvieran que repetirla los hombres de ciencia del XIX frente a los neokantianos. Vistos con aires de desdeñosa suficiencia por los profesores de filosofía, estos personajes poseían los más sólidos intelectos de su tiempo y en el fondo constituían la única esperanza de que tanto la metafísica como la filosofía de la naturaleza superaran la postración en que cayeron tras el estrepitoso fracaso de todos los intentos meramente especulativos. Era casi imposible cuestionar a hombres como Gauss o Kelvin, como Maxwell o Boltzmann, cuando se movían dentro de su propio campo, a pesar de lo cual tampoco permanecieron cómodamente instalados dentro de él: si hacían avanzar la ciencia es porque una y otra vez se situaron en terrenos limítrofes, en la incierta tierra de nadie situada entre lo ya cartografiado por la ciencia y lo que sólo el atrevimiento de los filósofos se atrevía a explorar.

7. Ciencia, ontología y epistemología

Los filósofos de la ciencia se mueven con más soltura en el contexto de la justificación. La gloria del descubrimiento está reservada

a los científicos creadores, y no se aviene a trucos ni recetas, porque las grandes ideas, como los ángeles de la teología escolástica, agotan cada una de ellas su propia especie. Inútil pretender extrapolarlas, reiterarlas o deconstruirlas. Una vez que han rendido sus servicios, no hay otra alternativa que buscar otras diferentes. Por eso, el científico, como el filósofo de la naturaleza, otorga mucha mayor importancia a una ontología sana, aunque carezca de sutilezas, que a una epistemología bien perfilada, sobre todo si promete (y no digamos si exige) certezas que después no está en condiciones de proporcionar.

Otro modo de expresar análogas convicciones es este: debemos ser ambiciosos en ontología, mientras que conviene que seamos posibilistas en teoría del conocimiento. Es suicida establecer *a priori* el grado de seguridad que uno va a exigirse o exigir a otros. Ese fue el pecado original del Kant, que la filosofía posterior no ha enmendado. En cambio, conviene apostar a que podemos conocer *toda* la realidad, o al menos a que no hay barreras infranqueables que nos obliguen a resignarnos a la impotencia. *¡Sapere aude!* Pero, al mismo tiempo: ¡no pongas mínimos de rigor ni de certeza al conocimiento que buscas! Conviene, sí, ser consciente de los riesgos que uno asume y de lo problemático de las conclusiones obtenidas. En realidad, ninguna investigación que merezca la pena, ya sea de índole científica o filosófica, debiera ser estrictamente ontológica ni escuetamente gnoseológica; la primera debe formar la parte sustantiva y la segunda el obligado complemento adjetivo. Los mejores filósofos de la ciencia han sido, si lo pensamos un poco, los grandes científicos; los mejores teóricos del conocimiento, los grandes metafísicos. Nunca debiera haberse asignado esas tareas a personas adscritas a gremios diferenciados, cuando no enfrentados, porque nunca es bueno que quien piensa cómo deben hacerse las cosas sea otro que quien realmente las hace. Es facilísimo determinar lo bueno que sería conseguir esto o lo otro, y proceder así o asá. Pero si eres *tú* el encargado de llevarlo a cabo, entonces te pones rápidamente a evaluar costes y beneficios, efectos colaterales y todo lo demás.

8. *El hombre de ciencia como metafísico y como epistemólogo*

Volvamos una vez más al caso de Newton, que es paradigmático. Su ontología es un diamante en bruto: simple, con aristas sin desbastar, pero sólida como una roca. Básicamente está contenida en sus *regulae philosophandi*. La primera es toda una profesión de minimalismo metafísico: causas sí, pero las justas nada más. Ockham nunca pudo desear un alumno más aventajado. La segunda regla enuncia

un principio de permanencia: la naturaleza no se oculta ni nos engaña; muestra siempre una faz inmutable, es fiel a sí misma y facilita el trabajo de quienes la estudian. La tercera establece un criterio de jerarquía, postula que constancia y omnipresencia son las marcas que permiten diferenciar lo esencial de lo accidental. La cuarta, por último, marca la transición de la ontología a la heurística: aunque el número de posibles explicaciones para cualquier fenómeno o conjunto de fenómenos es infinito, está justificado apostar por los más simples y con mayor poder lógico de síntesis.

Realismo ontológico e inteligibilidad de lo real son en resumidas cuentas las dos notas definitorias de la ontología newtoniana. Ocioso es añadir que también lo es de la práctica totalidad de los grandes científicos que han venido después. Con una ontología así, la teoría del conocimiento prácticamente sobra. Y, en efecto, la que Newton esboza, por ejemplo en el escolio general de los *Principia*, es un auténtico desastre. Pretender que en su ciencia no hay hipótesis, ¡qué desatino! Decir que las proposiciones teóricas se «deducen» de los fenómenos y se universalizan «por inducción», ¿a quién puede ocurrírsele? Todo eso es cierto, pero al mismo tiempo ¿qué más da? De hecho, el escolio general es un texto añadido a la primera edición, una desmañada maniobra para quitarse de encima las críticas que le hacían los cartesianos. Newton no es el mejor abogado de su obra: ella se defiende por sí misma. Ya se sabe que la lechuza de Minerva es ave crepuscular, y la filosofía de la ciencia de Newton levantó el vuelo demasiado tarde, cuando la ciencia de Newton ya había alcanzado sus objetivos. Que no era muy buena, nadie puede discutirlo; pero que no le impidió consumir la magna obra, tampoco. En realidad, la filosofía de la ciencia nunca ha servido como «matrona» de la ciencia y, si tal es el caso, no se ve por qué tendría que auspiciar la filosofía de la naturaleza, la metafísica o cualquier otra disciplina. Su utilidad es más bien «histórica», en el sentido de que ayuda a entender el hecho mismo de la ciencia y las razones de su triunfo o su fracaso una vez que ha acontecido uno u otro. Se parece más al forense que al que practica medicina preventiva. Por analogía habría que decir que la estrategia kantiana de anteponer una *crítica de la razón* al *opus rationis* propiamente dicho no fue la mejor. Es imposible saber cuáles son los límites de la razón antes de topar de alguna manera con ellos. Newton no tenía ninguna garantía previa de que realmente iba a encontrar leyes matemáticas bregando con los datos sensibles; del mismo modo ningún filósofo tiene forma de averiguar *a priori* si tiene sentido

o no indagar la infinitud del universo o la presencia de azar en el cosmos. Lo único que está en su mano es agotar todas las pistas posibles, pistas que, una vez más, no se pueden anticipar antes de haberlo intentado con procedimientos que no son susceptibles de protocolización.

9. *Filosofía de la naturaleza y epistemología del riesgo*

Hay base para argüir que Newton era muy libre de arriesgarse a jugar con las conjeturas que más le pluguieran, mientras no tiene tanta importancia que luego fuera poco consciente de la suerte que había tenido. Según esto, tampoco debe ser criticado Kant por buscar unas bases más sólidas para el quehacer científico, teniendo en cuenta que la ciencia no había agotado su recorrido en 1687, ni un siglo después, cuando se escribió la *Crítica de la razón pura*, ni tampoco hoy. Eso es verdad, como también lo es que tomar a Newton como modelo —que es lo que de hecho se hizo— permitió a la ciencia proseguir su brillante ejecutoria, mientras que de haber hecho caso a Kant ni las geometrías no euclidianas, ni la teoría de la relatividad, ni la propia mecánica cuántica hubieran sido formuladas. Se quiera o no, la ciencia es el resultado de aplicar una *epistemología del riesgo*, la cual renuncia a la certeza como premisa para poder hacer apuestas teóricas y confía en que la realidad no le va a dar indefinidamente la espalda. La gran pregunta es por qué la filosofía (salvo honrosas excepciones, como las ya mencionadas) no ha querido ni tampoco quiere aplicar hoy la epistemología del riesgo.

Por supuesto, los investigadores tienen motivaciones que pueden venir de muy, muy lejos. Cabe alegar, por ejemplo, que Newton apostó por la ley de la inversa del cuadrado y no por la ley, por ejemplo, de la inversa de veintitrés séptimos, porque creía que Dios es bueno y no ha puesto demasiado difícil a los hombres la tarea de conocer el universo. Yo también soy un hombre religioso y quizá por ello no me parece reprochable. Pero independientemente de su actitud o de la mía considero hipócrita escandalizarse de que alguien recurra a convicciones íntimas a la hora de tomar decisiones para las que la razón no presta una ayuda apreciable. Por otro lado, en este caso la fe y cualquier racionalidad posible reman en la misma dirección, puesto que ¿qué otra alternativa nos queda fuera de presuponer que el funcionamiento de la naturaleza es inteligible, no solo en abstracto, sino en concreto y con una inteligibilidad proporcionada a las fuerzas de nuestra mente? Pretender reforzar esa confianza con

inverosímiles giros copernicanos y perpetuas huidas hacia adelante, además de extenuante, resulta innecesario.

La conclusión que pretendo extraer de mi largo alegato es que, dado que es superfluo e imposible transformar en certezas las afirmaciones de la ciencia, tampoco es obligado hacerlo con las de la filosofía de la naturaleza. Esta simple afirmación levanta la hipoteca que pesaba sobre esta calumniada disciplina. Pero además de restablecer su crédito, refuerza los vínculos interdisciplinarios. He tenido ocasión de ocuparme de la doctrina de Popper sobre los *programas metafísicos de investigación*⁴. Tanto para el científico como para el filósofo de la ciencia es interesante descubrir que hay actividad intelectual legítima en las zonas aledañas al conocimiento científico. Para cualquier filósofo resulta aún más sugestivo saber que no hay criterios válidos de demarcación para señalar el punto exacto donde terminan las teorías científicas y empiezan los programas metafísicos de investigación. Tampoco se pueden separar los programas metafísicos de investigación de la metafísica *tout court*, o sea, de la filosofía de la naturaleza. Tras más de doscientos años de sospecha, lo sospechoso es ahora desatender las posibilidades que de nuevo se abren, por más que se requiera una puesta al día de cada parte acerca de los progresos realizados por la otra.

10. *La filosofía de la naturaleza en el siglo XX*

No pretendo ahora ser original, sino procurar reconocer algo que está a la vista de todo el mundo, aunque tantos pretendan ignorarlo. Cuando se escriba la historia de la filosofía de la naturaleza en el siglo XX, ¿cuáles serán las aportaciones que ocuparán la primera fila? Desde luego no las de los filósofos «puros» o «semipuros». Obras como *Proceso y realidad* de Whitehead, la *Ontología* de Hartmann o *Análisis de la materia* de Russell tienen sin duda mérito y merecen reconocimiento, pero resultan desvaídas y han quedado prematuramente trasnochadas. Los científicos metidos a «filósofos» han obtenido con frecuencia mayor impacto, pero en general poco duradero, y su popularidad no consigue disipar la impresión de que han pecado de superficiales en cuanto se han alejado un poco del terreno en que están impuestos. La *Breve historia del tiempo* de Hawking es una

⁴ Véase ARANA, Juan: «La incierta frontera entre teorías científicas y programas metafísicos de investigación», ponencia presentada en el simposio *Límites de la Ciencia*. Ferrol, 2013, en curso de publicación.

muestra muy representativa de lo que digo. En muchos otros casos no es fácil distinguir cuándo hay una decidida voluntad de reflexión filosófica y cuándo predomina un simple afán de divulgación, obtención de popularidad o de rendimientos crematísticos (pretensiones por otro lado legítimas, pero que repercuten en detrimento de la importancia filosófica del resultado). Sabido es que Einstein accedió a firmar la *Física, aventura del pensamiento* para hacer un favor a su ex-ayudante Leopold Infeld; de entre todas las motivaciones extra-teóricas, me parece la más confesable.

No es momento ni hay espacio para hacer un recuento sistemático de una literatura mucho más rica de lo que parece a primera vista. Adelantaré algunas conclusiones provisionales que podría intentar justificar si se me apremiara a ello. La mejor filosofía de la naturaleza del siglo pasado proviene de los filósofos que se tomaron en serio la ciencia y de científicos que no tomaron a broma la filosofía. Popper, Putnam o Bunge pueden ser buenos ejemplos del primer colectivo; Schrödinger, Prigogine o Penrose, del segundo.

Hay que advertir, no obstante, que entre los filósofos la tentación formalista ha continuado siendo un peligro cierto. Un observador malévolo podría acusarme aquí de ser víctima de una especie de «paranoia antikantiana». Puede haber algo de ello, pero no me toca juzgarlo, sino exponer mi alegato. Defiendo que cuando un filósofo se enfrenta al hecho científico se equivoca si pretende hacer abstracción de los contenidos en demanda de algo así como las leyes eternas del descubrimiento o de la validación. Cuando hace eso sucumbe a la tentación del *historicismo*, que con tan buenos argumentos criticó Popper. Me sumo a la tesis de Gómez Dávila: «Si la historia tuviese leyes, su conocimiento las abrogaría». Creo que la biografía intelectual de Popper es muy instructiva, porque evolucionó de sus tempranas preocupaciones epistemológicas a las cada vez más ontológicas de su madurez. Al principio intentó infructuosamente cerrar problemas tales como el criterio de demarcación o el papel del sujeto en el conocimiento, que casi monopolizan *Logik der Forschung* (1934), *Conjectures and Refutations* (1963) y *Objective Knowledge*, (1972). Más tarde se involucró en temas con más enjundia, como el indeterminismo, la flecha del tiempo o la relación mente-materia (*The Self and Its Brain*, 1977, *The Open Universe*, 1982, *Knowledge and the Mind-Body Problem*, 1994). El recorrido de Mario Bunge ha ido por desgracia en dirección inversa: comparado con el magnífico ejemplo de diálogo ciencia-filosofía de *Causality* (1959), decepciona el giro formalista y taxonomicista que imprime al *Treatise on Basic Philosophy* (1974-1989).

Un síntoma revelador de la miseria, pero también de la grandeza de los tiempos que corren es el lugar central que han ido ocupando en la escena intelectual los *Populäre Schriften* de los grandes hombres de ciencia, que anteriormente no hubieran merecido siquiera una mirada por parte de los estudiosos *serios*. Ocurre que con el tiempo la literatura profesional se ha ido volviendo demasiado convencional, demasiado sujeta a precauciones y cautelas, demasiado encorsetada en la imagen previa de lo que se espera de uno. Por eso, en los escritos dirigidos a un público más amplio, cuando no hay que rendir tributo a los prejuicios de la tribu epistémica originaria y cuando el especialista se atreve a hacer una incursión fuera de su reducto, es donde se da curso libre a las ideas más frescas, a las propuestas más arriesgadas, al ejercicio de transversalidad más vivo. Es muy posible que a quien se recuerde una vez que todo se haya asentado en el campo del pensamiento sea a Schrödinger hablando de la biología, Gamow de cosmología, Monod del azar, Einstein de la racionalidad del universo, Thom del determinismo, Crick de mente o del origen de la vida, Penrose de inteligencia artificial, Chardin del espíritu en la naturaleza, Bohr de complementariedad y vida, Prigogine de la nueva alianza, Gell-Man de la complejidad, Deutsch de los mundos posibles, Tipler de la inmortalidad, Barrow del principio antrópico, Davies del mundo bioamigable y tantos otros de tantas otras cosas...

Pongo punto final a este texto justo cuando empieza o debería empezar lo interesante. Creo que es objetivamente un desdoro que el gremio de la filosofía académica haya ejercido con tanto ahínco y terquedad la autoexclusión de un panorama tan rico y estimulante como el que ofrece el diálogo interdisciplinar en la actualidad. Ojalá que los profesores de filosofía volvamos a ocupar pronto el lugar que nos corresponde, aunque sea a costa de un poco de humildad y un bastante de trabajo.

Bibliografía

Selección de obras de filosofía de la naturaleza en español

- ALEMAÑ, R.A.: «La relación mente-materia y el monismo neutral», en *Naturaleza y libertad* 1 (2012), pp. 15-50.
- ALONSO, J.M.: *Introducción al principio antrópico*. Encuentro, Madrid, 1989.
- ALVIRA, R.: *La noción de finalidad*. EUNSA, Pamplona, 1978.
- ARANA, J.: «Aspectos epistemológicos de la relación entre matemáticas y filosofía en el siglo XVII», en *Thémata* 1 (1984), pp. 9-14.

- : «El materialismo de Mario Bunge», en *Estudios Bibliográficos de Filosofía* 7 (1987), pp. 23-33.
 - : «Kant y las tres físicas», en *Reflexión* 1 (1990), pp. 41-56.
 - : «Kant y el final de la filosofía de la naturaleza», en *Kant. Las tres Críticas. IV Jornadas de actualización filosófica*. Universidad de la Sabana & Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, 1995, pp. 61-72.
 - : «Física y metafísica del azar», en *Anuario Filosófico* 30,1 (1997), pp. 173-188.
 - : *Las raíces ilustradas del conflicto entre fe y razón*. Encuentro, Madrid, 1999.
 - : «¿Es idealista la Interpretación de Copenhague de la mecánica Cuántica?», en *Ontology Studies* 1 (2000), pp. 185-202.
 - : «¿Es la naturaleza un libro escrito en caracteres matemáticos?», en *Anuario filosófico* 33 (2000), pp. 43-66.
 - : *Claves del conocimiento del mundo. 2. Universo y vida*. Kronos, Sevilla, 2000.
 - : *Materia, universo, vida*. Tecnos, Madrid, 2001.
 - : *El caos del conocimiento. Del árbol de las ciencias a la maraña del saber*. EUNSA, Pamplona, 2004.
 - : *Los filósofos y la libertad. Necesidad natural y autonomía de la libertad*. Síntesis, Madrid, 2005.
 - : «La libertad, frente a la necesidad y el azar», en *Naturaleza y Libertad. La filosofía ante los retos del presente*. Sociedad Castellano-Leonesa de Filosofía, Salamanca, 2005, pp. 17-31.
 - : «Causas, Borges, Azar», en TORO, A. de (ed.): *Jorge Luis Borges: ciencia y filosofía*. Olms, Hildesheim, 2007, pp. 93-102.
 - : «La especificidad del viviente», en *Thémata* 41 (2009), pp. 23-38.
 - : «¿Y qué es una máquina? Consideraciones críticas sobre las teorías materialistas de la consciencia», en RODRÍGUEZ VALLS, F. / DIOSDADO, C. / ARANA, J.: *Asalto a lo mental. Neurociencias, consciencia y libertad*. Biblioteca Nueva, Madrid, 2011, pp. 13-44.
 - : «En la modernidad el concepto de causa final no se crea ni se destruye: únicamente se transforma», en *In umbra intelligentiae*. EUNSA, Pamplona, 2011, pp. 49-66.
 - : «El problema de la causalidad en la mecánica cuántica», en *Eikasía. Revista de Filosofía* 43 (2012), pp. 17-34.
- ARANA, J., (ed.): *La filosofía de los científicos*. Thémata, Sevilla, 1995.
- : *Incertidumbre y azar*, en *Anuario Filosófico* 30,1 (1997).
- ARTIGAS, M.: *La inteligibilidad de la naturaleza*. EUNSA, Pamplona, 1995.
- : *Filosofía de la naturaleza*. EUNSA, Pamplona, 1998.

- AYALA, F. J. / DOBZHANSKY, Th. (eds.): *Estudios sobre la filosofía de la biología*. Ariel, Barcelona, 1983.
- BARROW, J.D.: *Teorías del Todo. Hacia una explicación fundamental del universo*. Crítica, Barcelona, 1994.
- : *¿Por qué es el mundo matemático?* Grijalbo, Barcelona, 1997.
- BEHE, M.J.: *La caja negra de Darwin. El reto de la bioquímica a la evolución*. Andrés Bello, Barcelona, 1999.
- BOCHENER, S.: *El papel de la matemática en el desarrollo de la ciencia*. Alianza, Madrid, 1991.
- BROCKMAN, J. (ed.): *La tercera cultura*. Tusquets, Barcelona, 1996.
- BUNGE, M.: *Causalidad. El principio de causalidad en la ciencia moderna*. Eudeba, Buenos Aires, 1965.
- : *Filosofía de la física*. Ariel, Barcelona, 1978.
- : *Materialismo y ciencia*. Ariel, Barcelona, 1981.
- CAPEK, M.: *El impacto filosófico de la física contemporánea*. Tecnos, Madrid, 1965.
- CHANGEUX, J.-P. / RICOEUR, P.: *Lo que nos hace pensar. La naturaleza y la regla*. Península, Barcelona, 1999.
- COLLINS, R.: «La evidencia del ajuste fino», en SOLER, F.J. (ed.): *Dios y las cosmologías modernas*, B.A.C., Madrid, 2005, pp. 21-48.
- CRICK, F.: *¿Ha muerto el vitalismo?* Antoni Bosch, Barcelona, 1979.
- DAVIES, P.C.W.: *La mente de Dios*. McGraw-Hill, Madrid, 1998.
- DAVIES, P.C.W., Brown, J. R.: *El espíritu en el átomo*. Alianza, Madrid, 1989.
- DAVIS, Ph.J. / HERSCH, R.: *Experiencia matemática*. Labor, Barcelona, 1989.
- DAWKINS, R.: *El gen egoísta*. Salvat, Barcelona, 1993.
- : *El relojero ciego*. Labor, Barcelona, 1989.
- : *Escalando el monte improbable*. Tusquets, Barcelona, 1998.
- DEMBSKI, W.A.: *Diseño inteligente. Respuestas a las cuestiones más espinosas del diseño inteligente*. Homo Legens, Madrid, 2006.
- DEUTSCH, D.: *La estructura de la realidad*. Anagrama, Barcelona, 2002.
- DICUS, A.A. (et al.): «El futuro del universo», en *Investigación y Ciencia* (mayo 1983), pp. 60-71.
- ESPAÑAT, B. d': *En busca de lo real. La visión de un físico*. Alianza, Madrid, 1983.
- GALE, G.: «El principio antrópico», en *Investigación y Ciencia* (febrero 1982), pp. 94-103.
- GILSON, E.: *De Aristóteles a Darwin (y vuelta)*. EUNSA, Pamplona, 1976.
- GÓMEZ DÁVILA, N.: *Escolios escogidos*. Los Papeles del Sitio, Valencia, 2007.

- GOODWIN, B.: *Las manchas del leopardo. La evolución de la complejidad*. Tusquets, Barcelona, 1998.
- GOULD, S.J.: «La evolución de la vida en la Tierra», en *Investigación y ciencia* (diciembre 1994), pp. 54-61.
- : «No hay sentido de la evolución», en *Mundo científico* 184 (1997), pp. 976-979.
- GUTH, A.H.: *El universo inflacionario. La búsqueda de una nueva teoría sobre los orígenes del cosmos*. Debate, Madrid, 1999.
- HACKING, I.: *La domesticación del azar*. Gedisa, Barcelona, 1991.
- HARMAN, P.M.: *Energía, fuerza y materia. El desarrollo conceptual de la física del siglo XIX*. Alianza, Madrid, 1990.
- HEISENBERG, W.: *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Seix Barral, Barcelona, 1969.
- : *Diálogos sobre la física atómica*. B.A.C., Madrid, 1972.
- : *Más allá de la física. Atravesando fronteras*. B.A.C., Madrid, 1974.
- HERRERO, M.A.: «Instrumentalismo y realismo en la física de James C. Maxwell», en *Naturaleza y libertad* 1 (2012), pp. 77-139.
- HOOFT, G.: *Partículas elementales. En busca de las estructuras más pequeñas del universo*. Crítica, Barcelona, 2001.
- HORGAN, J.: «De la complejidad a la perplejidad», en *Investigación y Ciencia* (agosto 1995), pp. 71-77.
- : *El fin de la ciencia. Los límites del conocimiento en el declive de la era científica*. Paidós, Barcelona, 1998.
- JAKI, S.L.: *La ciencia y la fe. Pierre Duhem*. Encuentro, Madrid, 1996.
- JOLIVET, R.: *Tratado de Filosofía, Lógica y Cosmología*. Carlos Lohlé, Buenos Aires, 1960.
- KAUFFMAN, S.: *Investigaciones. Complejidad, autoorganización y nuevas bases para una biología general*. Tusquets, Barcelona, 2003.
- KIMURA, M.: «Teoría neutralista de la evolución molecular», en *Investigación y ciencia* (enero 1980), pp. 46-55.
- KLINE, M. (ed.): *Matemáticas en el mundo moderno*. Blume, Barcelona, 1974.
- LANDÉ, A.: *Nuevos fundamentos de la mecánica cuántica*. Tecnos, Madrid, 1968.
- LASZLO, P.: «Origen de la vida: innumerables escenarios», en *Mundo científico* 179 (1997).
- LEWIN, R.: *Complejidad. El caos como generador del orden*. Tusquets, Barcelona, 1995.
- MARGENAU, H.: *La naturaleza de la realidad física*. Tecnos, Madrid, 1970.

- MONOD, J.: *El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna* (1970). Seix Barral, Barcelona, 1977.
- MORIN, E.: *Mis demonios*. Kairós, Barcelona, 1995.
- OVERBYE, D.: *Corazones solitarios en el Cosmos. La gran aventura científica que aspira a descubrir los secretos del universo*. Planeta, Barcelona, 1992.
- PARKER, B.: *El sueño de Einstein*. Cátedra, Madrid, 1990.
- PANIKKAR, R.: *El concepto de naturaleza*. CSIC, Madrid, 1972.
- PENROSE, R.: *La nueva mente del emperador*. Mondadori, Madrid, 1991.
- : *Las sombras de la mente*. Crítica, Barcelona, 1996.
- PLANCK, M.: *¿Adónde va la ciencia?* Losada, Buenos Aires, 1961.
- POPPER, K.: *El desarrollo del conocimiento científico*. Paidós, Buenos Aires, 1967.
- : *La Lógica de la investigación científica*. Tecnos, Madrid, 1971.
- : «De nubes y relojes», en *Conocimiento objetivo*. Tecnos, Madrid, 1974.
- : *Búsqueda sin término*. Tecnos, Madrid, 1977.
- : *La sociedad abierta y sus enemigos*. Orbis, Barcelona, 1984.
- : *Post Scriptum a la Lógica de la investigación científica*. Vol. III. *Teoría cuántica y el cisma de la Física*, ed. de W.W. Bartley III. Tecnos, Madrid, 1985.
- : *El universo abierto. Un argumento en favor del indeterminismo*. Tecnos, Madrid, 1986.
- : *Un mundo de propensiones*. Tecnos, Madrid, 1992.
- QUERALTÓ, R.: *Naturaleza y finalidad en Aristóteles*. S.P.U.S., Sevilla, 1983.
- : *Karl Popper, de la epistemología a la metafísica*. S.P.U.S., Sevilla, 1996.
- QUEVEDO, A.: «*Ens per accidens*». *Contingencia y determinación en Aristóteles*. EUNSA, Pamplona, 1989.
- PRIGOGINE, I.: *¿Tan solo una ilusión? Una exploración del caos al orden*. Tusquets, Barcelona, 1983.
- PRIGOGINE, I. / STENGERS, I.: *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Alianza, Madrid, 1983.
- : «La querelle du déterminisme, six ans après», en POMIAN, K. (ed.): *La querelle du déterminisme*. Le Débat / Gallimard, Paris, 1990, pp. 247-65.
- REES, M.: *Seis números nada más. Las fuerzas profundas que ordenan el Universo*. Debate, Madrid, 2001.
- ROSENBLUM, B. / KUTTNER, F.: *El enigma cuántico. Encuentros entre la física y la conciencia*. Tusquets, Barcelona, 2010.

- SCHRÖDINGER, E.: *La mente y la materia*. Taurus, Madrid, 1958.
- : *¿Qué es una ley de la naturaleza?* F.C.E., México, 1975.
- : *¿Qué es la vida? El aspecto físico de la célula viva*. Orbis, Barcelona, 1986.
- SMOLIN, L.: *Las dudas de la física en el siglo XXI. ¿Es la teoría de cuerdas un callejón sin salida?* Crítica, Barcelona, 2007.
- SOLER, F.J.: «El multiverso y el ajuste fino de las leyes de la naturaleza», en RODRÍGUEZ VALLS, F. (ed.): *La inteligencia en la naturaleza*. Biblioteca Nueva, Madrid, 2012, pp. 135-145.
- SOLER, F.J. (ed.): *Dios y las cosmologías modernas*. B.A.C., Madrid, 2005.
- STEWART, I.: *¿Juega Dios a los dados? La nueva matemática del caos*. Grijalbo Mondadori, Barcelona, 1991.
- TANZELLA-NITTI, G.: «La creación del universo: filosofía, ciencia y teología», en VELÁZQUEZ, H. (ed.): *Origen, naturaleza y conocimiento del universo*. Cuadernos de Anuario Filosófico, Pamplona, 2005, pp. 113-51.
- TEGMARK, M.: «Universos paralelos», en *Investigación y Ciencia* (julio 2003), pp. 6-18.
- THOM, R.: *Parábolas y catástrofes*. Tusquets, Barcelona, 1985.
- TIPLER, F.J.: *La física de la inmortalidad*. Alianza, Madrid, 1996.
- TORRETTI, R.: *La geometría del universo y otros ensayos de filosofía natural*. Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela, 1994.
- VELÁZQUEZ, H.: *¿Qué es la Naturaleza?* Porrúa, México, 2007.
- VELÁZQUEZ, H. (ed.): *Origen, naturaleza y conocimiento del universo, Un acercamiento interdisciplinar*. Cuadernos de Anuario Filosófico, Pamplona, 2005.
- WEINBERG, S.: *Los tres primeros minutos del universo. Una concepción moderna del origen del universo*. Alianza, Madrid, 1982.
- WEYL, H.: *La simetría*. Nueva Visión, Buenos Aires, 1958.

Solicitado el 12 de diciembre de 2012
Aprobado el 26 de abril de 2013

Juan Arana
Universidad de Sevilla
jarana@us.es