



DEBATES INTERNOS

CIENCIA Y AZAR

Segundo Gutiérrez Cabria



CÁTEDRA
DE EMÉRITOS

de la Comunidad Valenciana



DEBATES INTERNOS

CIENCIA Y AZAR

Segundo Gutiérrez Cabria

Edita: ©



ÁTEDRA
DE EMÉRITOS
de la Comunidad Valenciana

Autor:

© Segundo Gutiérrez Cabria

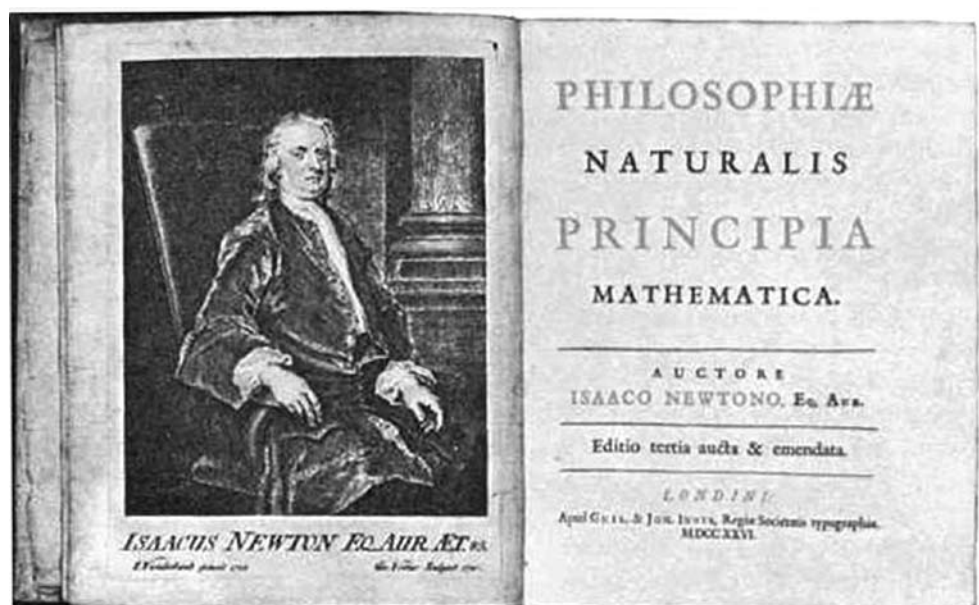
Coordinan:

Vicente López Merino
Concha Albalat Criado
Salvador Aldana Fernández
Antonio Alegre Cremades

D. L.: V-2505-2006

Maquetación e impresión:

Gráficas Antolín Martínez. s.l.
Tel. 96 391 89 84 - www.grafamar.com



Los "Principia" de Newton es el Libro Sagrado del determinismo.

CIENCIA Y AZAR

La casualidad, el azar, las coincidencias, son quizá los seudónimos de Dios, cuando no quiere firmar (William James).

La tesis que mantenemos en este trabajo es que la ciencia del siglo XX es esencialmente indeterminista. Para sustentarla debemos analizar cómo se construye la ciencia moderna y cómo interviene el azar en esta construcción. La presencia del azar es particularmente importante en algunas ramas de la biología y la física, y de modo especial en mecánica cuántica. Cuestión previa será decir qué entendemos por conocimiento.

Conocimiento

No puede hablarse de conocimiento sin hacer referencia a la relación entre el hombre y el cosmos. El hombre es corona y cumplimiento de todo el mundo sensible. El cosmos sin el hombre carecería de razón teleológica. *El hombre toma posesión del cosmos por el conocimiento.* La finalidad del conocimiento es la verdad.

Se discute si el conocimiento es la misma conciencia psicológica o si solamente la ilumina: en todo caso, *el conocimiento revela en sus actos directos o indirectos el propio Yo.* Este descubrimiento del Yo es fundamental para la vida del hombre y constituye el núcleo central de toda la teoría del conocimiento. Al bruto le falta ese foco central.

Existen dos grandes niveles de conocimiento: lo que es objeto de la *experiencia de los sentidos o de la conciencia*, y lo que constituye una *idealización o abstracción de la realidad* (una experiencia intelectualizada). En todo caso, conviene distinguir entre conocimiento *ordinario* y conocimiento *científico*, el que se obtiene por el *método* de cada ciencia. Es este tipo de conocimiento el que nos interesa aquí.

Ciencia

La idea de ciencia, tal como fue elaborada ya por el pensamiento griego, es la de un conocimiento organizado siguiendo unos principios. Esto puede hacerse de dos formas que, por otra parte, son complementarias. En primer lugar, puede tratarse de un conocimiento que se presenta en forma de proposiciones que se derivan de ciertos enunciados, de los que se tienen razones bien fundadas para considerarlos básicos. De estos enunciados, mediante un sistema deductivo, que proporciona la lógica clásica, se obtienen nuevas proposiciones. Este tipo de conocimiento es el que se da en las ciencias puramente formales. Puede ser, en segundo lugar, un conocimiento (el que se da en las ciencias empíricas) que se construye y se desarrolla según ciertas reglas. Estas reglas están dictadas por la llamada "lógica del conocimiento científico", según denominación de Tavanec (1), o "lógica de la investigación científica", según Popper (2), o simplemente "lógica del conocimiento", como la llama Carnap (3).

Debido al escaso desarrollo de las ciencias basadas en la observación de la naturaleza en la Antigüedad y en la Edad Media, la lógica no tuvo que enfrentarse con problemas metodológicos. Para Aristóteles (*Analíticos posteriores*) la tarea primaria de la lógica consistía en demostrar *de dónde obtiene el discurso su poder de persuasión; qué discurso debe hacerse a fin de llevar a las gentes a concordar en algo o llamar falso a algo*. Esta misma idea predominó en la lógica medieval. Con el avance de las matemáticas y las ciencias naturales durante el Renacimiento, la lógica debió responder a nuevas exigencias: proporcionar medios y métodos que sirvieran de guía al científico en sus investigaciones en el amplio dominio del mundo real. Respondiendo a este desafío, Francis Bacon y, con posterioridad a él, otras mentes preclaras, intentaron desarrollar la lógica como *instrumento de la investigación y del descubrimiento de nuevas verdades*. Bacon es considerado como fundador del llamado *método inductivo*, tal como se utiliza en la ciencia actual, aunque ya Aristóteles concibiera la idea básica de proceder de lo particular a lo

general. La construcción de una *lógica inductiva* fue una preocupación de Stuart Mill y Herschell.

La lógica del conocimiento científico nos ayuda a distinguir entre los diversos modos de dominar intelectualmente la realidad del mundo. A primera vista nos hace discernir claramente los dos niveles principales de conocimiento: el empírico, basado en un sistema de análisis de la realidad destinado a *describir* el mundo lo más exactamente posible en toda su diversidad; el teórico, basado en la *esquemización e idealización* de la realidad. Es a veces difícil fijar las fronteras entre lo empírico y lo teórico.

Las ciencias puramente formales son las matemáticas y la lógica formal. Estas disciplinas pueden construirse en forma puramente deductiva. Aparecen entonces como teorías formales, esto es, como una clase de proposiciones que puede ser creada a partir de algunas de ellas – los *axiomas* – mediante la intervención de *reglas* deductivas explícitamente formulables. Como la deducción propaga la verdad, la validez de las proposiciones de un sistema depende de la de los axiomas. En las construcciones euclídeas, los axiomas se consideraban evidentes por sí mismos. En las axiomáticas modernas se les conceptúa como proposiciones cuya validez se supone admitida. La finalidad de un sistema axiomático es caracterizar ciertas entidades ideales que pertenecen al dominio de los entes lógico-matemáticos, como los números, los espacios y las funciones. Cualesquiera sean los problemas ontológicos que se presenten en este terreno, no existe una aprehensión empírica de estos entes, y sólo pueden captarse a través de construcciones cuya representación proporcionan las teorías formales.

Las ciencias empíricas más sencillas son las descriptivas. Su método de construcción es el *inductivo*, que conlleva *argumentar de lo particular a lo general* o *inferir una ley de particulares instancias*. El conocimiento se obtendría amasando grandes cantidades de datos y hechos, de modo que surja de ellos la verdad en forma de leyes universales. El punto de partida son las observaciones simples o

protocolarias (llamadas así por Neurath, porque son como los protocolos en los que los notarios registran los hechos de los que han de dar fe). Estas observaciones, debidamente clasificadas y analizadas mediante el razonamiento, conducen al investigador a conclusiones que formula en forma de *proposiciones universales sintéticas*. Estas proposiciones, una vez contrastadas por la realización de nuevos experimentos, se transforman en *leyes empíricas*. Estas leyes, junto con otras proposiciones singulares, ofrecen la posibilidad de hacer previsiones. Un ejemplo típico de estas ciencias es la botánica. En su estudio no se sale del mundo de los hechos.

Las ciencias empírico-formales, con la física como modelo, toman como base de investigación porciones convenientemente aisladas de la realidad empírica, y emplean los recursos de las ciencias formales juntamente con los procedimientos del control empírico. A semejanza de las teorías formales, se presentan en forma deductiva. Las proposiciones iniciales, que desempeñan el papel de axiomas en la estructura deductiva, enuncian unas relaciones de carácter muy general, cuya categoría metodológica es la *hipótesis*. Algunas de las proposiciones que se pueden deducir deben poder ponerse en relación con otras puramente empíricas, que expresan resultados de observaciones, mediante reglas de interpretación apropiadas. La teoría debe estar construida de tal manera que sea posible, con la *interpretación* y la *deducción*, controlar su validez por medio de pruebas de carácter experimental. La función de la hipótesis es procurar un principio que contiene de antemano, en alguna forma y de modo virtual, el conjunto de los datos experimentales ya conocidos o potencialmente accesibles, relativos al campo considerado. Para que una construcción de este tipo sea eficaz es necesario que se puedan asociar significaciones reales –interpretaciones semánticas– a las entidades matemáticas empleadas.

Su construcción es un ir y venir del mundo de los conceptos (conjeturas, modelos, hipótesis, teorías) al mundo de los hechos (realidad empírica). De las proposiciones empíricas, mediante la inducción, y por un proceso de abstracción, formulamos hipótesis,

de las que por deducción obtenemos conclusiones que han de ser contrastadas con la realidad. Si éstas no merecen aprobación, formulamos nuevas hipótesis que han de ser también contrastadas. El proceso continúa tantas veces como sea necesario. El método suele llamarse *hipotético-deductivo*, pues se alude en él a dos direcciones: es *hipotético*, por cuanto se construyen hipótesis explicativas de unos hechos observados; es *deductivo*, por cuanto se deducen de las hipótesis unos hechos verificables.

Toda conclusión obtenida como resultado del análisis de los datos ha de ser *convalidada*. Este intento de convalidación nos conducirá a su confirmación o a su rechazo. El modo natural de llevar a cabo la convalidación de las conclusiones de un análisis de datos consiste en la comparación con nuevos datos. Distinguimos la *convalidación* propiamente dicha de la *contrastación*. La convalidación confronta las conclusiones derivadas de unos datos con las que se deducen de nuevos datos; la contrastación confronta conclusiones empíricas con modelos teóricos, pone a prueba las teorías ante el tribunal de la experiencia. *Evidentemente, el método descriptivo conduce a la convalidación y el hipotético-deductivo a la contrastación.*

Las ciencias hermenéuticas ponen en juego esencialmente la categoría de "*sentido*", de *interpretación*. Lo mismo que en el caso de las ciencias empírico-formales, lo esencial consiste en elaborar unas hipótesis y confrontarlas con las informaciones proporcionadas por la observación. Estas hipótesis no tienen ya carácter matemático y deben expresarse en un lenguaje análogo al del texto. Este tipo de investigación se encuentra siempre que se trata de comprender las acciones humanas, captar la coherencia de una cultura, situar una obra en un contexto donde puede cobrar vida de nuevo, etc.

En los tres casos de las ciencias formales, empírico-formales y hermenéuticas, existe relación con unos principios que regulan un despliegue discursivo, ya sean axiomas, ya sean hipótesis de índole representativa o interpretativa. En todos los casos la ciencia es un tipo de conocimiento que progresa a través de una investigación

metódica, fiel a unos criterios precisos, razonados, afinados con regularidad y controlados en cuanto a su eficacia. Con todo, en las disciplinas hermenéuticas, la categoría científica es discutible, ya que en ellas no aparecen las condiciones de "rigor" que se manifiestan en las ciencias naturales. Existen argumentos para afirmar que revelan un tipo de razonamiento distinto del de la ciencia.

Racionalidad

La idea general de racionalidad rebasa el marco de la ciencia y del conocimiento, aunque hoy se reconoce que la ciencia es el modelo por excelencia de un conocimiento racional y que es el método científico el que proporciona el modelo de un sistema de acción racional. Pero el análisis de la racionalidad científica conduce al reconocimiento de un concepto de razón más amplio que el de razón científica. El ser humano posee una capacidad de discernimiento y de autocomprensión que se manifiesta no sólo en el esfuerzo científico, sino también en el pensamiento analítico, en el sentido filosófico del término, es decir, como una empresa que pretende aclarar conceptos y controlar las actividades del espíritu, y también en el pensamiento especulativo, que intenta elaborar un esquema conceptual capaz de alcanzar las estructuras fundamentales de la experiencia, y así la totalidad de lo real. La razón se siente capaz de fundamentar radicalmente la acción, considerada no en sus manifestaciones particulares y localizadas, sino como dinamismo constitutivo de la existencia. La razón especulativa aparece así como una garantía de la razón práctica.

La razón adopta modalidades diferentes. Una es la que actúa en matemáticas, otra la que orienta los descubrimientos físicos, otra la que se introduce por los vericuetos de la metafísica, otra la que guía la voluntad libre en el quehacer diario y frente a diversas motivaciones.

Creencia

El término creencia significa, de forma general, una empresa del espíritu, mediante la cual éste se adhiere a lo que se le ofrece

mediante un movimiento global, espontáneo y de total garantía, sin que esta adhesión deba estar basada en una argumentación mediatizada por el concepto y el discurso. El objeto de una creencia puede, eventualmente, ser estudiado *a posteriori* en una articulación razonada, pero la creencia como tal está fuera del alcance del discurso crítico y constructivo del orden racional. Así, pertenece a la creencia el reconocimiento de un testimonio cuando la palabra del testigo es tomada en cuenta no por las pruebas que aporta sino por la calidad que se le reconoce, por lo que de entrada se le da una validez absoluta. A todas luces se ha de relacionar creencia con evidencia. Se podría sostener que la creencia es un componente de la racionalidad en la medida en que la racionalidad debe apoyarse en ciertos momentos sobre evidencias; tal ocurre con la constatación de un estado de cosas en el caso de la experimentación. Pero las evidencias de la racionalidad aparecen siempre con la posibilidad de poder ponerse en duda. La creencia, por el contrario, posee el carácter de lo indudable y definitivo.

Adquiere relevancia el hecho de que se utilice el término creencia para caracterizar la adhesión a una doctrina religiosa o, por extensión, para calificar el objeto de esta adhesión, como cuando se habla de las creencias propias de una cultura. Esto indica que el modo de enfocar el hecho religioso depende del reconocimiento de lo que se *revela* como presencia irrefutable y no como producto de una argumentación, lo cual no quiere decir que la creencia no pueda ir precedida o acompañada de una justificación discursiva. El hecho religioso es de tal naturaleza que no se deja aprehender, en su esencia, ni en una captación empírica ni en una construcción conceptual. Habla a la sensibilidad, aunque sólo por medio de signos.

Existe en la creencia religiosa una radicalización del esfuerzo de la razón práctica. Pero esta intención de la razón práctica, como tal, permanece en el plano formal, mientras que la experiencia religiosa pertenece al orden del "encuentro", y por eso asume un carácter eminentemente personal. El conocimiento en general, la ciencia en

particular, la racionalidad, las mismas creencias, se instalan y se desarrollan dentro de algún *sistema filosófico*. Nosotros nos vamos a referir aquí a dos sistemas que han prevalecido en épocas históricas distintas: el *determinismo* y el *indeterminismo* metodológicos. Durante bastante tiempo estos sistemas han pervivido juntos y aun hoy coexisten en algunas ramas del saber.

El Determinismo

Casi toda la ciencia antigua y las creencias posteriores hasta principios de este siglo se basan en un sistema que se denomina *determinismo*. El determinismo tiene un origen religioso. Desde siempre se dio cuenta el hombre de que existían hechos y acontecimientos que escapaban a su control, como la salida del sol, y que estaban bajo el dominio de un ser superior. Se suponía que la omnipotencia y la omnisciencia de ese ser superior implicaban poder para determinar el futuro y el conocimiento de antemano de ese futuro. Históricamente el determinismo religioso viró hacia el llamado determinismo físico: de modo general, y con el progreso de la ciencia, la idea de Dios fue sustituida por la de la naturaleza. Según este determinismo, cualquier suceso del mundo físico puede ser predicho racionalmente, con cualquier grado de precisión, si se está en posesión de una descripción suficientemente detallada de los sucesos físicos pasados, junto con todas las leyes de la naturaleza.

De entre las muchas definiciones que se han dado del determinismo físico, nos inclinamos por la siguiente de Laplace (4): *Debemos considerar el estado presente del universo como el efecto de su estado anterior y como la causa del estado que le siga. Una inteligencia que conociera todas las fuerzas que actúan en la naturaleza, en un instante dado, y las posiciones momentáneas de todas las cosas del universo, sería capaz de abarcar en una fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes y de los átomos más livianos, siempre que su intelecto fuera suficientemente poderoso como para someter a análisis todos los datos; para ella nada sería incierto, y tanto el futuro como el pasado estarían presentes a sus ojos. La mente humana,*

con toda la exactitud que ha podido aportar a la astronomía, constituye un débil bosquejo de tal inteligencia ... Todos sus esfuerzos en la búsqueda de la verdad tienden a aproximarse sin límite a la inteligencia que acabamos de imaginar.

*Esta definición presupone –según Popper– un conocimiento sobrehumano (5). En ella subyace una aspiración concreta de la ciencia. Esta aspiración fue adoptada sin traba hasta época reciente. Los éxitos de las leyes de Kepler y de la mecánica de Newton fueron determinantes en esa general aceptación. Según expresa este determinismo, se habrían ordenado las cosas –diría más tarde Kant– “no de acuerdo con su naturaleza sino según nuestro conocimiento”. Así, de un sistema solar o de un reloj podemos conocer todas las piezas y su funcionamiento; de cómo se interrelacionan las partículas de una nube de gas o de un organismo, no tenemos una idea totalmente precisa. Pasando del conocimiento de la naturaleza a la naturaleza misma, se puede clasificar todo cuanto existe en dos grupos: por un lado todo lo que obedece a las leyes del determinismo, como los *relojes*; por otro lado todo lo demás, simbolizado por una *nube*. La gran revolución newtoniana, que ha perdurado durante casi trescientos años, rechazó esa ordenación pretendiendo asumir que *todas las nubes son relojes*. La distinción entre nubes y relojes es debida a Peirce.*

La teoría newtoniana fue la primera teoría científica que tuvo un éxito real en la historia humana. Constituía un conocimiento real, un conocimiento que superaba los sueños de las mentes más audaces. Se trataba de una teoría que explicaba con toda precisión, no sólo los movimientos de todos los astros en su deambular por los cielos, sino también los movimientos de los cuerpos terrestres como la caída de las manzanas, los proyectiles y los relojes de péndulo. La mayoría de los hombres de mentalidad abierta, en especial los científicos, se convirtieron a la nueva teoría que creían acabaría explicándolo todo, no sólo la electricidad y el magnetismo, sino también las nubes y los organismos. De este modo el determinismo físico se impuso entre

las personas ilustradas y el que no abrazaba este credo era tenido por oscurantista o reaccionario.

Entre los disidentes se hallaba el matemático y filósofo americano Charles Sanders Peirce. Peirce (6) conjeturaba que el mundo no sólo estaba estructurado siguiendo las leyes newtonianas, sino que a la vez estaba dominado por las *leyes del azar*.

A estas ideas de Peirce había contribuido no poco el desarrollo del instinto práctico de la ciencia, que no siempre tiene lugar de acuerdo con sus fines últimos. Así, hacia mediados del siglo XIX, surgió una rama de la física –la termodinámica– que se orientó en una nueva dirección. Mientras los físicos se esforzaban en desarrollar un sistema de leyes que predijeran lo que ocurriría *ciertamente* en el futuro, comenzaban también a interesarse por un modelo que predijera lo que *probablemente* iba a ocurrir. Junto a la superinteligencia imaginada por Laplace, para la que *nada sería incierto*, vino a colocarse una inteligencia para la cual *nada sería cierto*, sino que algunos sucesos sólo serían sumamente *probables*. Hablando en términos generales, sus predicciones nunca se aproximan a la certeza, a menos que se refieran a conjuntos compuestos por un gran número de elementos (ley de los grandes números). Se entiende, pues, la gran diferencia que existe entre la aspiración científica de aproximarse a esta segunda inteligencia y la aspiración científica descrita por Laplace.

Podemos, pues, distinguir dos aspiraciones o fines científicos: un fin *primario*, definido por la ley de causalidad de Laplace, y un fin *secundario*, dado por la siguiente ley de causalidad probable:

Un suceso es la causa de otro si la aparición del primer suceso es seguida con alta probabilidad por la aparición del segundo, y no existe un tercer suceso que pueda utilizarse como factor excluyente de la relación de probabilidad entre el primero y el segundo.

El fin primario se logra mediante el método científico en su expresión *nomológica* o legal; el fin secundario se obtiene por el método científico en su expresión *estadística*. Antes de hablar de *causalidad en ambiente de azar*, conviene que puntualicemos un poco lo que

ha de entenderse propiamente por *indeterminismo*. Lo único que afirma el indeterminismo físico es que “no todos” los acontecimientos del mundo físico están predeterminados con absoluta precisión en todos sus detalles infinitesimales. Al margen de esto, es compatible prácticamente con cualquier regularidad que se desee. No implica el que haya acontecimientos sin causa, ya que la palabra causa es muy vaga. Así como el determinismo físico exige una predeterminación física completa e infinitamente precisa “sin excepción alguna”, el indeterminismo físico, por el contrario, sólo afirma que *hay al menos algunas excepciones a la determinación precisa*.

En consecuencia, la cláusula “*Todo acontecimiento físico observable o medible posee una causa física observable o medible*” sigue siendo compatible con el indeterminismo físico. La característica fundamental del determinismo físico es que postula la existencia de un mundo dotado de una precisión matemática absoluta. La cláusula “*Todo acontecimiento tiene una causa*” no dice, por el contrario, nada preciso.

Causalidad y Azar

Para un científico, la cuestión de la causalidad se reduce a saber si a una y misma preparación antecedente de un sistema material (en lugar de la totalidad del mundo, incluidos nosotros mismos) sigue la misma evolución futura. Si esto es así, basándose en muchas recurrencias, podrían predecirse hechos futuros partiendo de las situaciones presentes. Vemos así que la predicción futura no es una cuestión apriorística que dependa de teorías deterministas, sino que es una cuestión experimental, de la que emanan leyes estadísticas. Ello resulta de la debilitación del fin primario definido por la ley de causalidad de Laplace, determinista, en favor del fin secundario dado por la causalidad probable.

La experiencia de los juegos de azar aboga en favor de la impredecibilidad, y esto viene haciéndose desde mucho antes de la era cuántica. Tomemos un dado o una moneda: es imposible predecir un resultado determinado en un lanzamiento. La razón que se da a

este hecho admite una triple explicación: la causa determinista que produce un resultado concreto determinado es desconocida; no existe tal causa; existe, pero actúa de modo ciego.

En el primer caso se establece una antítesis entre conocimiento e ignorancia, entre acontecimientos que tenemos motivos de esperar y acontecimientos que no se esperan. Esta explicación da lugar a un concepto de *azar subjetivo* que sirve de base a la probabilidad subjetiva, en la que las creencias del sujeto juegan un papel preponderante. En el segundo caso, se establece una antítesis entre causa y "*chance*", entre sucesos conectados causalmente en sentido determinista y sucesos entre los que no existe ninguna conexión de tipo causal. En el tercer caso, existe una antítesis entre azar y *designio*, entre azar y fatalidad. Este último caso no interesa a la ciencia, pero sí a la filosofía y a la teología.

Azar subjetivo

La distinción entre azar objetivo y azar subjetivo la encontramos ya en Hume (7): *La probabilidad es de dos clases: cuando el objeto es realmente incierto en sí mismo, y ha de ser determinado por azar; o cuando, aunque el objeto es ya cierto, es incierto a nuestro juicio.* Hasta finales del primer cuarto del siglo XX predomina el concepto subjetivo de azar. D'Alembert escribe en su *Encyclopédie Méthodique* (8): *No hay azar propiamente hablando; pero sí existe su equivalente: la ignorancia, en la que estamos, de las verdaderas causas de los acontecimientos, tiene sobre nuestro espíritu la influencia que se supone debida al azar.* En términos parecidos se expresan Keynes y Poincaré: *Azar es sólo la medida de nuestra ignorancia.*

Preside esta acepción subjetiva del azar una filosofía idealista cuyo objeto es esclarecer lo que sucede en las conciencias de las personas, de los sujetos cognoscentes. Pero el análisis estadístico pone de manifiesto la existencia de sucesos debidos a la concomitancia de variadas y complejas causas. Tal es el caso de la teoría cinética de los gases. Pequeñas y variadas causas, cuyo efecto multiplicativo da una gran complejidad al movimiento, hacen que las trayectorias

sean imprevisibles: el resultado es considerado *aleatorio*. Muchos fenómenos socioeconómicos, como la muerte de una persona, una guerra, la subida de la bolsa, obedecen a causas muy complejas y se consideran imprevisibles (y, por tanto, aleatorios) a largo plazo. Lo propio ocurre con la aparición de errores en las observaciones experimentales, etc. Desconocimiento de las verdaderas causas es el denominador común de todos estos fenómenos, considerados como de azar. Pero, el desconocimiento de todas y cada una de las causas que concurren en dichos fenómenos, lo que les hace imprevisibles, ¿es suficiente para considerarlos como fenómenos de azar subjetivo? Es evidente que muchos de ellos están regidos por leyes estadísticas, que se cumplen al margen de consideraciones subjetivas.

La expresión “por azar” hace aquí referencia al estado de nuestra *información* acerca de la ocurrencia del suceso considerado. La caída de una moneda es un suceso de azar si las circunstancias del lanzamiento son desconocidas. En general, puede decirse que *dos sucesos tienen una conexión de azar cuando el conocimiento del primero es irrelevante a las expectativas que ofrece el segundo, y no produce ninguna presunción adicional en favor o en contra de dichas expectativas*.

Azar objetivo

Diremos que la ocurrencia de un suceso está sujeta a azar objetivo cuando, no sólo es un suceso de azar según la definición anterior, sino que además existen buenas razones para suponer que la adición de otro conocimiento de otra clase dada, si esto fuera posible, no afectaría su carácter azaroso. Cuando atribuimos una coincidencia al azar objetivo queremos decir, no sólo que *no conocemos* ninguna ley de conexión actual, sino que, hablando en términos generales, *no existe* ninguna ley reconocible de conexión. Y cuando decimos que la ocurrencia de una alternativa con preferencia a otra es debida al azar, significamos, no sólo que no conocemos ningún principio según el cual nos inclinaríamos por unas u otras entre varias alternativas, sino que tal principio no existe. Dicho más simplemente: el suceso

es considerado “no causado”, cuando no solamente no conocemos las condiciones deterministas de su producción, sino que se afirma que no existen tales condiciones.

La física contemporánea nos proporciona resultados estadísticos, y las probabilidades que intervienen en ellos, probabilidades físicas, no pueden considerarse simplemente como una medida de nuestra ignorancia de los factores o causas que realmente determinan ciertos fenómenos. El caso más plausible es de la radiactividad. Lo reseñaré de modo especial debido a la ilustración que aporta sobre el azar objetivo o azar en la naturaleza.

Los primeros elementos radioactivos fueron descubiertos entre 1896 y 1899. Becquerel descubrió la radiactividad del uranio en 1896, Schmidt y Curie la descubrieron independientemente en el torio en 1898. Lo que no comprendían los primeros descubridores de la radioactividad era que esas “invisibles” radiaciones no tuvieran una causa. Para un átomo individual de radio su desintegración es una cuestión de probabilidad y eso no lo entendían los físicos de aquella época, herederos del determinismo. La aleatoriedad tuvo que ser aceptada a nivel atómico y relacionada a la irreversibilidad como una propiedad característica de los fenómenos naturales. Así fue asumida por los grandes físicos, ya desde la época de Fourier, hasta Heisenberg.

La física moderna ha llegado a determinar que la vida media del radio es aproximadamente 1.600 años. Un átomo de radio tiene la probabilidad de un 50% de permanecer estable durante 1.600 años, 25% durante 3.200 años, 12,5% durante 4.800 años, y así sucesivamente. Esta probabilidad de desintegración de un átomo concreto no tiene nada que ver con el posible conocimiento que pudiera tenerse de la desintegración de otro átomo cualquiera, ya que se trata de sucesos independientes.

Más aún, en septiembre de 1.899, Rutherford descubrió que la intensidad de radiación producida por el desprendimiento de las partículas sigue una progresión geométrica en función del tiempo. Los contadores Geiger y demás instrumentos que miden las emisiones de

los cuerpos radiactivos en los laboratorios modernos dan el número de partículas desintegradas en intervalos constantes del tiempo. Cabe pensar que una partícula, que no se desprendió en los n primeros intervalos de tiempo, tenga, en el intervalo $n+1$, la misma probabilidad de desintegración que tuvo en el primero. Este único hecho es suficiente para deducir una *ley de distribución* de la desintegración de las partículas que constituye un *modelo estadístico*. Este modelo es una “distribución geométrica” uniparamétrica.

Ha sido comprobado experimentalmente que la desintegración radiactiva no es influida por causas externas, como temperatura, presión, etc. Los físicos han determinado que la masa trasformada por unidad de tiempo es constante, la “constante radiactiva”, propia de cada cuerpo radiactivo. La vida media del átomo es la inversa de la constante radiactiva. Es evidente que estas propiedades tienen una base estadística y no determinista, al menos desde el punto de vista metodológico.

Las siguientes palabras de Born (9) son suficientemente expresivas de cuanto acabamos de afirmar:

La desintegración constante parecía ser una propiedad invariable del núcleo, inmutable ante influencias externas. Cada núcleo individual explota en un momento impredecible; aun si es observado un gran número de núcleos, la racha media de desintegración es proporcional al número total presente. Se considera como si la ley de causalidad es puesta fuera de órbita en estos procesos.

La desintegración radiactiva constituye así un claro ejemplo de *causalidad probabilística*. Otro ejemplo de azar objetivo nos lo suministra la mecánica cuántica, según la versión más autorizada, la de la escuela de Copenhague.

Leyes del azar

Desde el punto de vista de la causalidad nos encontramos con una paradoja. Si lanzamos un dado correcto una vez, es imposible predecir si va a salir “as”. Es un hecho impredecible. Pero si lo lanzamos muchas veces, cuantas más mejor, es un hecho comprobado

que la frecuencia relativa de ases se aproxima a un sexto. Un sexto es también la probabilidad que nos da, por ejemplo, la fórmula de Laplace. Existe así una simetría entre lo empírico y lo teórico, lo geométrico. Esto significa que en lo pequeño abunda el desorden y la aleatoriedad, y en lo grande, el orden y la constancia. Es esta idea la que recoge la ley del azar.

La llamada ley del azar corresponde, en su sentido empírico, a la llamada también *ley de estabilización de las frecuencias* y, en su sentido matemático, a la *ley de los grandes números*. Esta ley fue primero establecida por Jacobo Bernouilli y expresa que las diferencias en valor absoluto entre las frecuencias relativas y la probabilidad, hacia la que convergen estas frecuencias, pueden hacerse tan pequeñas como se quiera, cuando el número de observaciones es suficientemente grande. Ello conlleva que las diferencias pequeñas pueden ser muy frecuentes, pero las grandes, poco, a medida que se incrementa el número de observaciones.

Ante los fenómenos en que se manifiestan las leyes del azar, los deterministas han adoptado una de estas direcciones: han tomado una postura intransigente, un determinismo rígido, como es el caso de Einstein, o han suavizado las posiciones hacia una posición intermedia entre determinismo e indeterminismo. Las leyes del azar son leyes naturales objetivas (nos estamos refiriendo, naturalmente, a las leyes empíricas de estabilización de las frecuencias, de las que la ley de los grandes números constituye una formulación matemática). Rigen los fenómenos aleatorios; no sólo los libres, de naturaleza indeterminista, sino aún los de naturaleza determinista que dependen de causas complejas. Muchos físicos no están lejos hoy de postular que todas las leyes físicas responden al azar; que las leyes estadísticas contribuyen al gobierno del cosmos del mismo modo que lo hacen las demás leyes naturales. Estas leyes, a pesar de nuestras ignorancias parciales, permiten hacer previsiones con un cierto grado de exactitud, como ocurre también en las previsiones que rigen las pólizas de seguro y las planificaciones de toda índole (viajes, consumos, producción, etc.). Sólo se salvan del azar los fenómenos que caen bajo el control de la inteligencia.

Dios y el azar según Einstein

La existencia del *azar objetivo* ha convulsionado la ciencia, como acabamos de comprobar. No se puede afirmar en términos absolutos, pues no es ni empírica ni lógicamente demostrable, el indeterminismo o la causalidad determinista: su credibilidad es objeto de una cláusula metafísica. ¿Qué pensar de Dios, en base a la existencia del azar absoluto? Hay tres cuestiones básicas que pensamos son afectadas por la presencia del azar en la naturaleza: el origen y gobierno del mundo, su evolución, y el origen de la vida y del hombre. Aquí vamos a ceñirnos a las connotaciones filosóficas de la presencia del azar, tomando como ilustración el pensamiento de Albert Einstein.

El primer interrogante está precisamente en la *existencia* misma del azar en la naturaleza. Para centrarnos vamos a citar una frase de la carta que en 1944 escribió Albert Einstein a Max Born (10): *Hemos llegado a ser antípodas en nuestras expectativas científicas: tú crees en el Dios que juega a los dados y yo en la plena vigencia de las leyes en un mundo objetivamente existente que yo trato de atrapar por un camino rabiosamente metafísico*. Einstein se declara abiertamente determinista y las bases de su credo son fundamentalmente metafísicas, religiosas. Él mismo lo reconoce cuando, a la pregunta de un rabino que le interrogó sobre si creía en Dios, contestó (11): *Creo en el Dios de Spinoza, que se revela en la armonía de lo existente, regida por leyes; no en un Dios que se ocupe de la suerte y los actos del hombre*.

El Dios de Spinoza (12) no vive separado del universo: Dios es en el mundo y el mundo es en Dios. Para Spinoza la naturaleza es un determinado modo de existir del propio Dios; el pensamiento humano es un determinado modo de pensar del mismo Dios. El yo individual y todas las cosas finitas no son sustancias particulares, sino meras modificaciones de la *única sustancia divina*. En consecuencia, ¿es Dios todo en todo, un Dios puramente immanente, no trascendente? Para Spinoza, Dios sólo es trascendente en cuanto que sus divinos atributos, si prescindimos de la extensión y del pensamiento,

son inaccesibles para nosotros. Dios no es una causa transcendente, sino causa interna de todas las cosas y causa de sí mismo. Se trata, pues, de un panteísmo ontológico-ético que contempla a un Dios impersonal y no creador del mundo.

En estas fuentes filosófico-religiosas bebe Einstein, para quien todo acontecimiento se ajusta estrictamente a la ley de causalidad determinista. *La ley universal de causalidad*, la regla de causa y efecto, excluye una intervención divina en la marcha del mundo. Estas ideas de Einstein han dado lugar a diversos comentarios en los que no entraremos. Nos adherimos, simplemente, a éste del científico y filósofo F. S. C. Northrop (13): *Si Dios en su creación de la naturaleza del hombre natural no jugara a los dados, el error humano y, por lo tanto, el hombre moral, jurídico y político e incluso el hombre religioso, serían imposibles y carentes de sentido. Para que Dios pueda crear seres humanos que no sean simples muñecos, ha de jugar a los dados cuando crea su universo. De ahí que para que el hombre moral pueda existir, la causalidad mecánica de la Naturaleza no puede ser la fuerte y completamente determinística causalidad anterior a la mecánica de los cuanta, sino, por el contrario, la determinada por las funciones de estado de dicha teoría.* A su vez Manfred Eigen pregunta y responde: *¿Juega, pues, Dios a los dados? ¡Evidentemente! Pero a la vez se atiene a las reglas de juego* (14).

Terminaremos haciendo una breve alusión a la moderna *caótica*. Los sistemas deterministas, aun los más sencillos, tienen la capacidad de generar comportamientos desordenados de naturaleza fundamental; a este comportamiento se denomina *caos*. A pesar de ser deterministas, su futuro puede no ser predecible en la práctica. Es lo que sucede cuando las incertidumbres *en las condiciones iniciales*, aunque pequeñas, se amplifican de forma tal que su comportamiento sólo puede predecirse para cortos períodos, pero no a largo plazo.

En los últimos años se ha llegado a comprender que puede haber un cierto orden en el caos. Muchos problemas de vital importancia que parecían intratables, tales como la generación de ruido, fenómenos atmosféricos, turbulencias, etc., se están revisando a la luz de esta nueva situación.

REFERENCIAS

- (1) P.V.TAVANEC, *Problems of the Logic of Scientific Knowledge*. En *The Logic of Scientific Knowledge* (eds. P. V. Tavanec y W. S. Svirev. Reidel, Dordrecht 1962).
- (2) K. POPPER, *Logik der Forschung*. Viena, 1934. Ed. española: *La lógica de la investigación científica* (Madrid 1967).
- (3) R. CARNAP, *The Logical Foundations of Probability Theory* (Chicago 1937).
- (4) S. de LAPLACE , *Le traité de mécanique celeste* (París 1799-1825; 2ª edición, 1829-1839).
- (5) K. POPPER, *Indeterminism in quantum physics*: Brit. Jour. for the Science, 1 (1950) p. 117-133, 173-195.
- (6) C. S. PEIRCE, *How to Make Our Ideas Clear*, (1978).
- (7) D. HUME, *Treatise on Human Nature*. (Book I, section XIV, 1ª edición, Londres 1739. Collins, ed. 1962).
- (8) J. D ' ALEMBERT, *Encyclopédie Méthodique. Cartes* (París 1754).
- (9) M. BORN, *Continuity, determinism and reality*: Kongelige Danske Videnskabernes, 30, p. 1-26.
- (10) Carta de Pauli a Max Born, citada por este último en *The Interpretation of Quantum Mechanics*, en *British Journal for the Philosophy of Science* vol. 4 (1953) p. 106.
- (11) En ALBERT EINSTEIN, HEDWIG y MAX BOM, *Briefwechsel*, 1916-1955 (Munich 1969).
- (12) B. De SPINOZA, *Tractatus theologico-politicus*, (Hamburgo, 1670)
- (13) F. S. NORTHROP, *Man, Nature and God* (Pocket Books, Nueva York 1962). Colección Austral, México 1946.
- (14) M. EIGEN, Prólogo a J. Monod, *Zufall und Notwendigkeit*, p. XV.