

José Luis Rolleri, *Probabilidad, causalidad y explicación*, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, 2009, 260 pp.

Probabilidad, causalidad y explicación, de José Luis Rolleri, se presenta como un proyecto ambicioso que pretende abordar tres problemas filosóficos y científicos muy importantes: 1) interpretar objetivamente los enunciados probabilísticos; 2) dar cuenta de un tipo de causalidad basado en la probabilidad objetiva; y 3) desarrollar un marco teórico para la explicación de este tipo de hechos. Es evidente que estos problemas están ligados estrechamente, por lo que la intención es construir un marco teórico del azar. En este sentido, *Probabilidad, causalidad y explicación* es una lectura que motiva la reflexión sobre algunos de los temas más importantes en la ciencia actual, ya que ésta descansa cada vez más en modelos y teorías de corte probabilístico. Considérese, por ejemplo, la genómica, o, en general, la llamada biología de sistemas, áreas donde debido a la multitud de variables que se manejan y al tipo de relaciones (no lineales) que se dan entre ellas, es necesario apelar a modelos estadísticos que permitan dar cuenta de los fenómenos.

Ya de entrada, la idea de un azar *objetivo* motiva una primera reflexión, dado que hay muchas maneras de entender la objetividad de las proposiciones probabilísticas. Por ejemplo, Keynes (1921), o más recientemente Jon Williamson (2005), defiende la idea de una probabilidad *objetiva*, donde las probabilidades representan grados de creencia racional de cierto agente que se fijan en función del conocimiento previo. En este sentido, “objetivo” es sinónimo de racional, pues un criterio de racionalidad constriñe los grados de creencia. “Objetivo” también suena a lo opuesto de “subjetivo”, adjetivo que quisiéramos mantener lo más alejado posible en el contexto científico; por lo tanto, “objetivo” sería una virtud epistémica de la probabilidad. Finalmente, “objetivo” también sería opuesto a “epistémico”, con lo que lo objetivo tendría que ver con cierta noción de azar propia de la naturaleza. Este último es quizá el sentido más fuerte de todos, y en el que Rolleri está interesado. Por eso, a lo largo del libro defiende su noción de probabilidad objetiva sobre la base de la mecánica cuántica, pues se trata de una teoría en que la noción de *azar* desempeña un papel fundamental.

El libro se divide en tres grandes partes que en su conjunto presentan y defienden el argumento de Rolleri. En la primera parte, se explica la visión determinista del mundo y por qué no puede describir la mecánica cuántica; la segunda trata sobre la probabilidad

y termina con el desarrollo una noción de probabilidad objetiva y, por último, en la tercera se presentan las nociones de causalidad y explicación probabilísticas.

A continuación expongo los argumentos de Rolleri y hago una crítica conforme los planteo.

1. *El determinismo y la mecánica cuántica*

En la primera parte del libro, Rolleri comenta rápidamente la mecánica clásica de Newton para contraponer sus tesis filosóficas sobre la indeterminación de la mecánica cuántica. Quizá por ser un tema muy conocido, el autor tan sólo esboza algunos puntos tomados de Laplace, Kant y Hume para mostrar en qué consiste la determinación y rápidamente entra en materia con las críticas a dicho concepto debidas a Russell y la presentación de la naturaleza probabilística de la mecánica cuántica con la exposición de las relaciones de incertidumbre de Heisenberg y la ecuación de Schrödinger. Rolleri avisa desde la introducción que éste no es un libro de fundamentos sobre la mecánica cuántica, y aunque el lector comprende su enfoque, es mi opinión que la brevedad con que toca ciertos temas hará difícil seguir sus argumentos, sobre todo para aquellos lectores no familiarizados con la discusión en mecánica cuántica. Teniendo en cuenta que dicha discusión es central para los argumentos de Rolleri, quizá el esfuerzo por facilitar la lectura debió ser mayor.

En el primer capítulo se destaca que el problema es entender si el azar cuántico es objetivo o no y, en caso de serlo, la necesidad de desarrollar el marco teórico correspondiente. Aquí ya se deja entrever qué se entenderá por “azar objetivo”. Dice Rolleri que dicho azar “[n]o depende de nuestras condiciones epistémicas subjetivas ni de los límites que la propia estructura física a nivel subatómico nos impone para conocerla” (p. 42). La primera parte la toma en contraposición a la idea de Laplace que considera que el azar es una medida de la ignorancia que se tiene de las causas verdaderas (Laplace 1815, p. 24), en tanto la segunda hace referencia a la idea que, si bien azarosos, existirían “enunciados nómicos probabilistas” (p. 40) para describir los estados cuánticos. Uno aquí no puede sino preguntarse si en realidad Rolleri no es un neolaplaciano en el sentido de creer también que el azar es una medida de lo que ignoramos, sólo que en este caso se cambiarían leyes lineales por leyes no lineales, pero partiendo de la premisa de que el azar es la ignorancia parcial de dichas leyes. En este sentido, parece ser que la diferencia fundamental entre Laplace y él es que, para el primero,

el azar siempre será una relación entre lo que se conoce e ignora, en tanto que, para Rolleri, el azar siempre será una propiedad del mundo, puesto que forma parte de la naturaleza propia del sistema.

En el capítulo segundo se examinan con mayor profundidad las diferentes nociones de probabilidad que están en juego. En el centro de la discusión queda el experimento mental de Einstein, Podolsky y Rosen en el que los autores introducen la idea de completud teórica que, en pocas palabras, dice que una teoría física es completa si a cada elemento de la realidad le corresponde un elemento teórico. Del trabajo de Einstein, Podolsky y Rosen (conocido popularmente como EPR), se concluye que la mecánica cuántica no puede ser completa, en el sentido que deben existir elementos de la realidad que no son cubiertos por ella. De aquí surge la idea de la existencia de *variables ocultas* en la mecánica cuántica que son las que hacen falta para que pueda dar cuenta de la realidad.

Ahora bien, para poder seguir el argumento de Rolleri (quien a su vez lo toma de Martínez 1991) hace falta introducir un par de términos: los principios de separabilidad y de acción local. De manera muy básica, el principio de separabilidad dice que dada cierta distancia entre dos sistemas, éstos tendrán sus propios estados independientes. Por otra parte, el principio de acción local niega que pueda haber acción inmediata a distancia, dado que cualquier tipo de interacción entre los elementos de dos sistemas separados sólo puede darse con una velocidad máxima igual a la velocidad de la luz. Con estos elementos, es posible evaluar uno de los argumentos centrales del libro.

Tras presentar la paradoja de EPR, Rolleri comenta otros avances en que se pone en duda la existencia de variables ocultas en la mecánica cuántica.¹ Luego entonces, si no existen las variables ocultas, la opción es que la mecánica cuántica trate sobre sistemas no separables en el sentido mencionado líneas arriba, o bien que se necesitan variables ocultas *no locales*, esto es, que interactúen a una velocidad mayor a la de la luz. Rolleri se decanta por la primera opción, que parece la más sensata, pues la teoría de la relatividad prohíbe que cualquier cosa viaje más rápido que la velocidad de la

¹ Éstos son el teorema de Bell y el experimento de Aspect. El teorema de Bell propone ciertas condiciones que debería mantener cualquier teoría de variables ocultas. Tras su formulación, Aspect y colaboradores demostraron experimentalmente que tales condiciones no se cumplían y que, de hecho, se daba cierto tipo de acción a distancia, a la que el propio Einstein llamó *fantasma o spooky*. Lo más importante del trabajo de Aspect es que la teoría cuántica era capaz de predecir el resultado del experimento.

luz. Sin embargo, me parece interesante reconsiderar la opción de las variables ocultas no locales bajo el supuesto de que la velocidad de la luz no fuese constante, tal como teoriza, por ejemplo, João Magueijo (2003).

De la idea de que la mecánica cuántica verse sobre sistemas no separables se desprende la importantísima idea de *azar sistémico* debida también a Martínez (1991). La idea es que tal azar “[t]iene que expresarse como la descripción de un aspecto de la estructura física del mundo, incorporado en la descripción de estado, según una teoría fundamental de la física (independientemente de las limitaciones de nuestra manera de observarlo o conocerlo que puedan existir)” (Martínez 1991, p. 140). Aunque esta idea de azar sistémico comporta un gran interés, sólo se ha enunciado y aplicado en la mecánica cuántica; no se ha retomado en otros campos de la ciencia en los que si bien nada tiene que ver el principio físico de la separabilidad, sí opera una noción de sistema. En todos estos casos, no dudo que la noción de azar sistémico pudiese utilizarse para conceptualizar y problematizar aspectos centrales de sistemas biológicos, físicos, sociales, económicos y un largo etcétera. En este sentido, es una pena que una idea tan poderosa se quede en el contexto de la mecánica cuántica y que Rolleri no haya sido menos modesto en sus intenciones.

Sea como fuere, para los fines de este libro, el azar sistémico provee la base sobre la cual hablar de un azar objetivo.

2. *El azar objetivo*

En la segunda parte del libro, Rolleri hace a un lado la mecánica cuántica para problematizar dos nociones de probabilidad y mostrar por qué no son adecuadas para estudiar el azar cuántico. Éstas son la probabilidad frecuentista de von Mises y la probabilidad por propensión de Popper.

En el capítulo 4, Rolleri saca a relucir algunos de los problemas asociados a la probabilidad frecuentista, entre ellos, la idea de que la probabilidad es la frecuencia con que se obtiene un atributo arbitrario de una secuencia de observaciones repetible y aleatoria, en un número infinito de intentos. El problema, por supuesto, surge al interpretar un enunciado probabilista cualquiera bajo una noción tan idealizada. Ya de entrada, la idea de la tendencia al infinito es problemática, como lo es también la noción de *colectivo* (aquellos casos que forman la secuencia de observaciones repetible y aleatoria), que no permitiría entender qué se quiere decir cuando se habla de la probabilidad de eventos particulares.

En el caso de la probabilidad por propensión (capítulo quinto), la probabilidad es la tendencia de un sistema físico para producir algo más. En Popper, las *propensiones* son propiedades físicas no deterministas, por lo que, a primera vista, bien pudieran aplicarse al tipo de azar cuántico. Sin embargo, hablar de *propensiones* suena mucho a hablar de frecuencias en otros términos y, además, ¿qué se debe entender por propensión física y cómo se le deben asignar valores de probabilidad? De este capítulo, Rolleri concluye que la propensión va por el buen camino (la probabilidad es función del mundo), pero le hace falta algo más.

Ese algo más se desarrolla en el capítulo sexto, no sin antes hacer un extraño recorrido que comienza con la crítica al filósofo chileno Rolando Chuaqui. La idea es que Rolleri hablará de probabilidad en el sentido de posibilidad y Chuaqui desarrolló una noción de posibilidad objetiva que Rolleri critica tan contundentemente que hubiese sido mejor introducir la discusión sobre posibilidad sin hacer alusión alguna a él. Acto seguido, Rolleri introduce el trabajo de Roberto Torreti para ahondar aún más en la pertinencia de un azar objetivo. Una vez más, me queda la duda de si de verdad necesitaba invocar a este autor dado que en la página 124, donde se hace la síntesis entre las nociones de azar de Martínez comentadas líneas arriba con la idea conceptualista de Torreti, no se ve necesidad alguna de utilizarlo, toda vez que las nociones de objetividad sistémica y objetividad epistémica del azar provienen directamente de Martínez. Añadir que tal objetividad es relativa a una teoría (que sería el aporte de Torreti) me suena muy mal, dado que entonces se abre la puerta para atacar la concepción misma de *objetividad* que ha defendido Rolleri; si es relativa a una teoría, o peor aún, a cierta idealización matemática —como, por ejemplo, al espacio de Hilbert—, entonces el azar cuántico no es parte de la estructura de la naturaleza, sino función de cierta teoría matemática. Podría también decirse que el azar es objetivo en un sentido contrafáctico, pero me parece que la intención es hablar del azar intrínseco de la naturaleza de una manera contundente, por lo que esta opción no es viable.

La polémica con la noción de Rolleri no acaba con la idea de que el carácter objetivo de la mecánica cuántica es relativo a una teoría. Particularmente, me sorprendió y no me satisfizo la idea de ligar la probabilidad con grados de posibilidad. Ya de entrada, considero que tal discusión debe comenzar por distinguir entre posibilidad y probabilidad, mencionar sus alcances y diferencias para finalmente explicar en qué sentido una puede ser la graduación de la otra. Creo que Rolleri es consciente de los numerosos problemas que enfrenta

cuando dice: “El concepto cualitativo de posibilidad, sostenemos, está relacionado con el concepto cuantitativo de probabilidad de tal manera que, al menos en algunos casos, podemos representar al primero en referencia al segundo [...]” (p. 126). Desafortunadamente, no explicita en qué casos está pensando y más bien parece que toma una noción coloquial de lo posible. De cualquier manera, y ya que todo el desarrollo de la propuesta es formal, eché muy en falta la larguísima discusión sobre la diferencia entre posibilidad y probabilidad que dio pie a un desarrollo lógico y matemático muy importante a lo largo del siglo XX (para un resumen y una discusión sobre la diferencia entre probabilidad y posibilidad, véase Moles 1995).

Como Rolleri no entra en detalles, y peor aún, la introducción al tema de posibilidad se hace a partir de una discusión sobre el realismo metafísico y el trabajo de Chuaqui, no me quedó clara la diferencia entre hablar de una *posibilidad física* y hablar de *propensión física*. Según su definición, un suceso particular es *físicamente posible* con respecto a una teoría T si 1) el estado inicial del sistema es descriptible por T y 2) el resultado de la evolución del sistema es prescriptible por T (p. 128). Dice Rolleri que esta definición es más explícita que la idea popperiana de propensión, pero a mi parecer, deja patente lo que se mencionó líneas arriba de dejar abierta la puerta para preguntarse si realmente lo *objetivo* es una función de la naturaleza, o como en Keynes y Williamson, se trata de una medida de racionalidad donde lo racional es función de una teoría. El argumento de que T es una teoría completa para defender “objetivo” en el sentido *sistémico* me parece débil, ya que la completud de una teoría no está en función de la naturaleza, sino que depende de la manera en que se conceptualiza una parte del mundo. Además, así como el autor critica a los seguidores de la probabilidad por su propensión a no exponer con claridad cómo asignar valores probabilísticos, yo le crítico a él no haber dejado en claro cómo graduar la posibilidad y cómo asignar valores probabilísticos a las proposiciones cuánticas. En el único ejemplo que se ofrece a este respecto (p. 133), el cálculo no requiere de introducir el elemento misterioso de la posibilidad, porque con las matemáticas propias de la mecánica cuántica se obtiene el resultado. Justo por esto, queda la duda de si no se estará mezclando el agua y el aceite al hablar de probabilidades objetivas como estructuras de la naturaleza, axiomas de probabilidad cuya función de verdad es no verdadera (esto es, dependen de un marco para decidir si son o no verdaderas; véase, por ejemplo, Niiniluoto 2005) y, por lo tanto, dependientes de una teoría, probabilidades entendidas

como proposiciones modales que pueden ser graduadas objetivamente y probabilidades obtenidas dentro del espacio de Hilbert en las matemáticas cuánticas.

3. *Causalidad y explicación*

A pesar, o quizá gracias a las interrogantes surgidas del capítulo seis, por mucho me pareció que el capítulo séptimo es el más interesante del libro. En él se propone una concepción *no clásica* de causalidad sobre la base del desarrollo probabilístico del capítulo anterior. Aquí encontré muchas ideas interesantes y polémicas que tienen que ver principalmente con el problema de la medición, lo físicamente posible y la causalidad. A pesar de lo mucho que habría que comentar sobre este capítulo me detendré únicamente para polemizar con el autor sobre la naturaleza de los fenómenos que cubre la probabilidad objetiva, puesto que, indiscutiblemente, la clase de fenómenos es fundamental para entender a qué se llamará causal.

En el desarrollo de su noción de causalidad, Rollerli toma la idea cosmológica del *cono de luz* para hablar de los sucesos físicos presentes y futuros (pp. 159–166). Muy básicamente, la idea es que el pasado y el futuro se representan por medio de un par de conos contrapuestos donde el pasado sólo puede participar en un futuro dentro de los límites impuestos por el espacio de los conos. Con esto, Rollerli ofrece un postulado de causalidad local que, desde mi punto de vista, obliga a conocer la identidad (o el tipo) de todos los eventos posibles cubiertos por la teoría en cuestión. Esto, porque el postulado *causal local* dice que “la probabilidad condicional del suceso E, respecto a su cono de luz pasado y cualquier conjunto de sucesos ajenos a éste, es igual a la probabilidad condicional de E, dado sólo su cono de luz pasado” (p. 161). Si no conocemos al detalle el suceso E, ni la identidad del conjunto de sucesos ajenos, el postulado es trivial.

Más adelante, el problema de conocer muy bien el tipo de sucesos descritos por la teoría se hace patente con la definición de proceso estocástico que, en su postulado tercero, apela a la condición de Markov (p. 162). Básicamente, la condición de Markov dice que en un conjunto de estados, la probabilidad de un estado futuro está completamente determinada por su estado inmediato actual. La condición de Markov es una herramienta muy poderosa para construir modelos causales y está en pleno auge gracias a la popularidad de las llamadas redes bayesianas (Pearl 2000). Sin embargo, Markov obliga a conocer el tipo de relaciones que se dan entre las variables de la cadena causal

para no violar la condición de que todo estado depende sólo de su estado inmediatamente anterior. En modelos bayesianos esta situación está relajada porque a fin de cuentas se trata o de probabilidades subjetivas o de probabilidades epistémicas, según el vocabulario de Martínez. Pero en este caso, la creencia está peleada con la noción de objetividad de Rolleri, por lo que no me parece una buena decisión. Dado que el mismo Rolleri afirma que bien podría haber magnitudes físicas cuánticas desconocidas para nosotros (p. 138), la condición de Markov impone una premisa ontológica demasiado fuerte para el cálculo del azar objetivo, porque se calcularía un conjunto de posibilidades físicas, pero asumiendo contrafácticamente cómo llegaron a darse.² En este punto, uno cae en cuenta que quizá el discurso de Rolleri se da en dos planos: en el primero, se afirma que existe un tipo de azar propio de la naturaleza que se llamará sistémico y que queda patente en el desarrollo teórico de la mecánica cuántica. Tal situación obliga a reconceptualizar lo que entendemos por azar, causalidad y explicación. Sin embargo, en el segundo plano se dice que tal azar se estudiará sobre la base del cálculo de probabilidades que conocemos, aunque, paradójicamente, haya sido desarrollado para sistemas deterministas. Tal situación quedaría en evidencia con la idea de ligar los axiomas de la probabilidad a grados de posibilidad física y a una noción causal no determinista donde, de todas maneras, las causas se siguen en línea recta de los efectos (por la condición de Markov). Quizá lo que haga falta sea desarrollar modelos y matemáticas propias de una naturaleza no determinista en lugar de ajustar los modelos que ya existen (por ejemplo, el padre de las redes bayesianas, Pearl, es de esa idea. Véase Pearl 2001).

El libro termina con una exposición sobre la explicación que comienza con la visión sintáctica de Hempel. La exposición no me parece necesaria, toda vez que éste no es un libro básico. De cualquier manera, la justificación es que Rolleri desarrolla una versión semántica de la explicación donde sí que hacía falta mencionar que ya existen muchos intentos en tal sentido que, además, parten de la mecánica clásica (véase Suppe 1989, por ejemplo). De cualquier ma-

² Todo esto sin siquiera tener que hablar de variables ocultas, porque el problema con Markov es que no podría, por ejemplo, haber recursividad entre las variables porque tal cosa negaría que el estado actual del sistema depende únicamente de su estado inmediato anterior. En biología, por ejemplo, tal situación provoca que los modelos caricaturicen las interacciones entre genes, células, proteínas y otras señales, porque en lugar de darse al unísono y dar cabida a propiedades emergentes, la simulación markoviana lo divide todo en un proceso paulatino donde cada gen, cada proteína, cada célula entra en momentos diferentes.

nera, el capítulo es un compendio de todo lo explicado anteriormente y sirve de base para uno de los logros más importantes del libro, que es proveer un marco teórico para dar sentido a proposiciones probabilísticas de hechos particulares. Este resultado por sí mismo merecería una exposición y una justificación particulares, porque permitiría dar cuenta de un sinnúmero de situaciones en las que el cálculo probabilístico no tiene cabida. Por ejemplo, en la misma práctica científica muchas veces los experimentos son tan difíciles de llevar a cabo que todo descansa en un suceso puntual al que, de todas maneras, se le procesa, las más de las veces, con probabilidad frecuentista. ¿Cómo puede darse tal cosa?

Finalmente, Rollerli nos recuerda que su intención no ha sido desarrollar una teoría general de la explicación, la probabilidad o la causalidad, sino motivar la discusión de estos temas a la luz del ejemplo particular de la mecánica cuántica.

En síntesis, el libro de Rollerli invita a reflexionar sobre un gran número de temas de vital importancia para la filosofía de la ciencia contemporánea. Si bien podemos no estar de acuerdo con algunos de los planteamientos del autor, no cabe duda que el esfuerzo es muy valioso y las ideas vertidas en el libro servirán de base para trabajos futuros en esta materia que permitan comprender mejor lo que son el azar, la causalidad y la explicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Keynes, J.M., 1921, *A Treatise on Probability*, Macmillan, Londres.
- Laplace, P.S., 1814 (1995), *Ensayo filosófico sobre las posibilidades*, Altaya, Barcelona.
- Magueijo, J., 2003, “New Varying Speed of Light Theories”, *Reports in the Progress of Physics*, vol. 66, pp. 2025–2068.
- Martínez, S.F., 1991, “El azar en la mecánica cuántica: de Bohr a Bell”, *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, vol. 23, no. 69, pp. 137–154.
- Moles, A.A., 1995, *Las ciencias de lo impreciso*, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México.
- Niiniluoto, I., 2004, “Probability and Logic. Comments on Colin Howson”, en M.C. Galavotti (comp.), *Observation and Experiment in the Natural and Social Sciences*, Kluwer Academic Publishers, Nueva York, pp. 333–337.
- Pearl, J., 2001, “Bayesianism and Causality, or, Why I Am Only Half a Bayesian”, en D. Corfield y J. Williamson (comps.), *Foundations of Bayesianism*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 19–36.

- Pearl, J., 2000, *Causality: Models, Reasoning and Inference*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Suppe, F., 1989, *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, University of Illinois Press, Urbana.
- Williamson, J., 2005, *Bayesian Nets and Causality. Philosophical and Computational Foundations*, Oxford University Press, Nueva York.

ALFONSO ARROYO SANTOS
Posgrado en Filosofía de la Ciencia
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad Nacional Autónoma de México
agripas@gmail.com

Manuel Pérez Otero, *Esbozo de la filosofía de Kripke*, Montesinos, Barcelona, 2006, 276 pp.

This book is an introduction, intended mainly for philosophy students at undergraduate level, of the main themes in Saul Kripke's philosophy of language —and hence of those central to the subject as it has been reconfigured by Kripke's work. Given the assumed interests of its intended audience, the book focuses on *Naming and Necessity* and "A Puzzle about Belief", introducing readers to issues in the theory of reference, essence and modality, and philosophy of mind in those works. It avoids more technical matters, such as Kripke's contributions to the semantics of modal logic or the theory of truth and truth-paradoxes, but also the other very significant Kripkean contribution to contemporary philosophy of language, his discussion of Wittgenstein on rules and rule-following. Aside from some richer footnotes, the book adopts an expository stance, staying away from critical discussions of the views it presents.

Given Pérez Otero's goals, all these are judicious decisions: the book is one of the best introductions I have read to these subjects, so I would recommend it wholeheartedly to undergraduate and graduate students who are studying them, teachers who have to present them to their students, and more in general to everybody looking for a first-class introduction to the core issues in contemporary philosophy of language and metaphysics. The book provides a very good picture of recent debates about the Frege-Russell descriptivist view of reference, its main motivation (ch. 1 and 2), Kripke's main arguments against it (ch. 3), the problems that the alternative Millian