

Contextos de descubrimiento causal

(Contexts of Causal Discovery)

Mauricio SUÁREZ

Recibido: 27 de enero de 2012

Aceptado: 12 de marzo de 2012

Resumen

Se distinguen dos acepciones del término “contexto de descubrimiento”: La acepción tradicional, que lo contrasta con el contexto de la justificación, y otra, más reciente, que lo relaciona con la metodología de inferencia causal. Curiosamente, el propio Reichenbach suscribió la segunda acepción, y no es coincidencia que su aportación al desarrollo del campo del *descubrimiento causal* haya sido capital. Se defiende la vigencia de esta metodología en todas las ciencias empíricas, incluidas las ciencias físicas.

Palabras clave: Contexto del descubrimiento, Hans Reichenbach, metodología, inferencia causal, mecánica cuántica.

Abstract

I distinguish two notions of the “context of discovery”. The traditional notion opposes it to the context of justification but another, more recent, notion relates it to the methodology of causal inference. Reichenbach himself seems to have subscribed the more recent notion and, not surprisingly, his contribution to the field of causal discovery has been paramount. I defend the applicability of the methodology of causal discovery to all empirical sciences, including the physical sciences.

Keywords: Context of discovery, Hans Reichenbach, methodology, causal inference, quantum mechanics.

1. Los contextos del descubrimiento y de la justificación

Los términos “contexto del descubrimiento” y “contexto de la justificación” fueron acuñados por Hans Reichenbach (1891-1953), uno de los más prominentes miembros del neopositivismo, o empirismo lógico, quien los introdujo por vez primera en su libro *Experience and Prediction* (1938). Aunque la distinción se utiliza, hoy en día, sobre todo en relación con las ciencias empíricas, como la física, química o biología, Reichenbach la introdujo, de hecho, en relación con el conocimiento matemático. El contexto del descubrimiento, hoy en día, se asocia con el razonamiento abductivo o ampliativo necesario para formular nuevas hipótesis o conjeturas empíricas, en los términos descritos por Popper o Peirce. Según estos autores se supone que los procesos creativos requeridos para formular nuevas hipótesis no se someten a los dictámenes de las lógicas deductiva o inductiva. Éstas son aplicables solamente para analizar, en el contexto de la justificación, las credenciales epistémicas de una teoría científica, una vez establecida, y solamente cuando haya sido axiomatizada en un sistema formal (lo que se conoce como “reconstrucción racional” de la teoría). En otras palabras, la distinción sirve para separar el origen histórico de la teoría, por un lado, y las relaciones lógicas de justificación empírica que vinculan tal teoría con la evidencia, por el otro. Se presupone, por tanto, que los procesos psicológicos que llevan, en primera instancia, a la formulación de la teoría no se corresponden con la relaciones lógicas entre enunciados teóricos y observacionales que constituyen la justificación racional, *post facto*, de tal teoría.

La distinción ha sido muy criticada, y una amplia mayoría de filósofos de la ciencia consideran que es insostenible (Aufrecht, 2010, esp. capítulo 3). Fue quizás Kuhn (1962) el primero en señalar que no existe el contexto de la justificación, como algo diferenciado del contexto del descubrimiento. En la práctica, existe solo un contexto, el de la actividad científica, y en este contexto se entrelazan de manera esencial la lógica de la justificación y la psicología del descubrimiento. La distinción entre contextos parece haber seguido la habitual y honorable tradición de las grandes innovaciones neopositivistas que han sido eventualmente descartadas, como el principio de verificación, la lógica inductiva, o la distinción analítico / sintético.

Sin embargo, curiosamente, Reichenbach, a quien se adscribe el origen de la distinción, nunca la suscribió, al menos no en los términos descritos (Hoyningen-Huene, 1997, 2006; Glymour, 2008; Aufrecht, 2010). En su lugar Reichenbach entendía que la distinción, en primera instancia, caracterizaba la diferencia entre una relación matemática (deductiva) objetiva, y los procesos subjetivos que seguimos para descubrir tal relación objetiva. Y lo que es claro en el caso de la deducción debía también ser aplicable en el caso de las relaciones inductivas entre teoría y evidencia características de las ciencias empíricas: “The objective relation from the given entities to the solution, and the subjective way of finding it, are clearly

separated for problems of a deductive character; we must learn to make the same distinction for the problem of the inductive relation from facts to theories” (Reichenbach, 1938, pp. 36-37).

En resumen, para Reichenbach el término “descubrir” no designa un tipo de razonamiento nuevo, como puede ser la abducción, o la inferencia a la mejor explicación; lo que designa es algo mucho más prosaico: un proceso subjetivo de aprendizaje que nos permita llegar a conocer relaciones objetivas, ya sean de tipo deductivo entre conceptos, o de tipo inductivo entre teorías y evidencia. “Descubrimiento” no es sinónimo, para Reichenbach, de “conjetura” o “hipótesis”, sino de “revelar” o “hacer obvio”; y el “contexto del descubrimiento” no es aquél en el que quedan en suspenso las reglas de la lógica deductiva o inductiva que empleamos para justificar una teoría científica, sino el que nos permite inferir por vez primera las relaciones objetivas subyacentes a un dominio. Hoyningen-Huene (1997, p. 503) traza el sentido de la distinción de Reichenbach a los orígenes del empirismo lógico en el Neokantismo, entre otros al manifiesto Carnap-Hahn-Neurath (1929), al *Aufbau* de Carnap (1929), al *Allgemeine Erkenntnislehre* de Schlick (1918), y, más allá, al mismo fundador de la escuela de Neokantiana de Marburg, Hermann Cohen (1883).

2. La metodología de inferencia causal

¿Cómo descubrimos subjetivamente lo objetivo? ¿Cuáles son los ‘camino subjetivos’ que nos permiten ‘encontrar’ tales ‘relaciones objetivas’? Uno de los más fértiles y paradigmáticos ejemplos de “descubrimiento”, en el sentido genuinamente Reichenbachiano del término, se encuentra precisamente en una disciplina de la que el mismo Reichenbach fue uno de los fundadores.

En un libro posterior, *The Direction of Time* (1956), Reichenbach inaugura la moderna disciplina del “descubrimiento causal” (“causal discovery”). Aunque el libro es un tratado acerca de la dirección o flecha del tiempo en las teorías físicas modernas, en especial en la mecánica estadística, la contribución más sólida es seguramente su propuesta de metodología causal. Reichenbach enuncia en este libro su célebre *Principio de la Causa Común* (PCC), según el cual “if an improbable coincidence has occurred, there must exist a common cause”. (Reichenbach, 1956, pp. 157ff.). Nótese que por “coincidencia improbable” Reichenbach quiere decir “correlación sin explicación causal directa entre dos eventos-tipo *a* y *b*”.

Aunque formalmente la metodología de inferencia causal de Reichenbach es compleja, la intuición subyacente es sencilla. Reichenbach ofrece una caracterización de “causa común”, que informa, bajo diversas formas, prácticamente todas las metodologías contemporáneas de inferencia causal, en diversas disciplinas científicas.

cas como la medicina, la economía, la psicología experimental, etc. Se trata de la llamada condición de “screening off” o ‘apantallamiento’. Consideremos tres eventos-tipo: a , b y c . Decimos entonces que c apantalla a de b si y solo si: $Prob(a/b \& c) = Prob(a/c)$; es decir si la correlación estadística entre a y b desaparece cuando se condicionaliza sobre c . (Esta condición es lógicamente equivalente a la célebre condición de factorizabilidad, según la cual $Prob(a \& b/c) = Prob(a/b) Prob(a/c)$.) Si el PCC es el enunciado más general, la condición de screening off es su implementación concreta: podemos denominarla el *criterio* de causa común (CCC, según la definición de Suárez, 2007, pp. 75-76).

Se sigue entonces, de la conjunción de PCC y CCC, que si ha ocurrido una coincidencia improbable entre dos eventos-tipo, a y b , debe existir un evento tipo c tal que c sea un ‘screener-off’ de a y b , es decir, tal que: $Prob(a/b \& c) = Prob(a/c)$. Por ejemplo, el cáncer de pulmón (a) está estadísticamente correlacionado con diversos efectos del uso de tabaco (c), como la bronquitis crónica (b). Pero ni el cáncer causa bronquitis, ni la bronquitis causa cáncer. Cuando condicionalizamos sobre el uso de tabaco, la correlación entre bronquitis y cáncer desaparece: $Prob(a \& b/c) = Prob(a/b) Prob(a/c)$. (El término “desaparece” tiene por tanto aquí un significado estricto: la correlación estadística entre a y b literalmente desaparece cuando se condicionaliza sobre c ; nótese que es imperativo mantener c constante). Esto nos indica que el uso del tabaco es la causa común de ambos, elevando la incidencia estadística tanto del cáncer como de la bronquitis, de manera independiente. Así, aunque el enunciado del PCC parece inocuo, en conjunción con una definición apropiada de causa común, genera aplicaciones sorprendentemente potentes.

De hecho, la literatura contemporánea a la que ha dado pie la idea germinal de Reichenbach es enorme, y continúa aumentando, entre filósofos de la ciencia, así como entre expertos en estadística, ciencias sociales, y análisis de regresión en ciencias médicas. Se trata de uno de esos momentos poco comunes en la filosofía de la ciencia, que suponen la inversión de la dirección habitual de influencia: en este caso, una idea que se origina en el área de la filosofía ha germinado en diversos campos científicos. El debate relativo al PCC y el CCC, más activo durante los años 1970 y 1980, ha dado paso a partir de la década de los 1990 a una reflexión acerca de la denominada Condición Causal de Markov (CCM), una generalización del PCC para los llamados grafos acíclicos directos. El punto de inflexión es la monumental obra de Peter Spirtes, Clark Glymour y Richard Scheines, de las Universidades de Pittsburgh y Carnegie-Mellon (Spirtes et al., 1994 / 2000), que desarrollan diversos programas informáticos para la automatización de la inferencia causal a partir de datos estadísticos. En lo concerniente a la discusión más estrictamente filosófica, Woodward (2003) es la obra que representa la culminación del programa de descubrimiento causal en la actualidad, incluso si se separa de los detalles de muchas de las técnicas de inferencia adumbradas en su momento por Reichenbach.

La metodología de descubrimiento causal propuesta por Reichenbach encaja de manera notable con la segunda acepción del término “contexto de descubrimiento”, que hemos visto es más auténticamente Reichenbachiana en su origen, mientras que tiene un encaje considerablemente más pobre dentro de la primera acepción del término “contexto del descubrimiento”. Según esta última acepción, recuérdese, en el contexto del descubrimiento las normas de inferencia lógica deductiva e inductiva quedan en suspenso, y los enunciados o proposiciones emitidas por los científicos dentro de tal contexto carecen de justificación lógica. Esta justificación lógica es algo que sólo una formalización teórica retrospectiva de tales enunciados puede demostrar. Tales formalizaciones teóricas retrospectivas a menudo se conocen en la literatura en filosofía de la ciencia como “reconstrucciones racionales”, y según tanto Popper como Kuhn, son la clave de la decisión racional entre marcos teóricos. Para el primero y sus seguidores, el contexto de la justificación viene dado por la corroboración o confirmación de las teorías, y tal justificación racional de las creencias científicas es posible de esta manera retrospectiva. Según el segundo y sus acólitos, no existe tal contexto de la justificación, por lo que la creencia científica es irracional desde este punto de vista lógico (la única racionalidad se encuentra, como máximo, en el devenir histórico de los conceptos y las estructuras sociales de la comunidad que legitima tales enunciados). Desde un punto de vista conceptual ambos aceptan la división tradicional entre contextos, que adscriben en su origen a Reichenbach, pero difieren en la interpretación de su aplicación a la ciencia, pues difieren en sus caracterizaciones de lo que es la ciencia.

Ahora bien, el PCC, y otros principios de inferencia causal propuestos por Reichenbach, tienen un encaje notablemente pobre dentro de la tradicional división entre contextos. Por un lado, como deja patente la terminología empleada por el mismo Reichenbach, el PCC no puede considerarse sino parte del contexto de descubrimiento, puesto que constituye el patrón de inferencia que los mismos científicos supuestamente presuponen a la hora de elaborar hipótesis causales a partir de las correlaciones estadísticas. Es más, como patrón de justificación de tales hipótesis resulta un tanto limitado, puesto que es una técnica potente, pero ontológicamente estéril, ya que no hace supuestos con respecto a los mecanismos que generan o explican tales correlaciones. El PCC puede permitir inferir que el tabaco es causa de cáncer, pero no da, en sí mismo, absolutamente ninguna pista acerca de por qué el tabaco causa cáncer – este tipo de explicación del fenómeno debe esperar una formulación posterior de una teoría bioquímica que postule los procesos médicos específicos que generan tal relación causal.

No quiere esto decir que el PCC esté totalmente desprovisto de supuestos ontológicos de ningún tipo. Por ejemplo, su aplicación requiere, como mínimo, la suposición de que existen causas, y que éstas difieren de las correlaciones estadísticas de las que son explicación. Pero tal suposición es genérica y no implica ninguna supo-

sición teórica adicional para cada caso concreto de inferencia. Tampoco se debe inferir del rol que el PCC juega en los procesos de descubrimiento causal, que no posea ningún valor justificatorio. Al contrario, en su aplicación queda patente precisamente la inextricabilidad de contextos, pues además del rol en los procesos de descubrimiento que aquí se discuten, el PCC es, a menudo, invocado tanto para justificar como para rechazar, en la práctica, ciertas hipótesis causales. Pero todas estas decisiones justificatorias pertenecen al contexto de la práctica científica y no a un contexto de reflexión filosófico ‘ulterior’. Son los mismos científicos, en su uso cotidiano de la metodología de inferencia causal, los que se encargan de justificar cada una de sus aplicaciones. El éxito de su empresa no requiere que exista un contexto de justificación como espacio abstracto de relaciones lógicas entre las ‘reconstrucciones racionales’ de tales aplicaciones.

Por otro lado, el PCC formula una regla clara y bien fundamentada de inferencia experimental: cuando se da una correlación estadística entre X e Y , y no se encuentra relación causal alguna entre X e Y , se debe suponer la existencia de una causa común subyacente. Tal suposición no admite, según el PCC, excepción alguna, y permite la inferencia de la realidad causal subyacente a partir de las observaciones empíricas de las correlaciones. Por ello, dada la naturaleza de la inferencia que propone, difícilmente se puede tampoco considerar al PCC como parte del contexto del descubrimiento, según la acepción tradicional.

La única alternativa viable consiste en suponer que el ‘descubrimiento causal’ está vinculado con la segunda acepción del término “contexto descubrimiento”. En efecto, recuérdese que, según la interpretación adoptada en este artículo, la dicotomía tradicional entre contextos es una versión simplificada o idealizada de la distinción original de Reichenbach, que no requiere una caracterización particular de lo que es la ciencia, o incluso un criterio de demarcación definido. Ambos contextos, según esta alternativa, son parte integral de la práctica científica. Las herramientas de descubrimiento son aquellas reglas de inferencia que permiten obtener conocimiento de relaciones objetivas, las de la justificación son aquellas reglas que permiten justificar tal conocimiento en base a marcos teóricos predeterminados, a menudo de naturaleza matemática. Ambos tipos de herramientas caracterizan partes complementarias de la práctica científica, alineadas de manera genérica con las actividades de carácter más experimental, en el primer caso, y más teórico, en el segundo. Pues bien, nótese que el encaje del PCC dentro del “contexto del descubrimiento” según esta acepción es muy claro. Es indudable que se trata de una regla de inferencia de carácter experimental o preteórico, puesto que no requiere ninguna teoría acerca de la naturaleza del vínculo entre causa y efecto, ni ninguna justificación de carácter teórico de tal vínculo. Es más, la metodología causal, que Reichenbach inaugura con este principio, es un tipo de estrategia de descubrimiento, puesto que sirve para ‘revelar’ o ‘descubrir’ las causas subyacentes a un fenómeno de correla-

ción estadística, a partir del estudio detallado de las correlaciones mismas. El PCC constituye, en este sentido, precisamente un ‘camino subjetivo’ que nos permite inferir relaciones causales ‘objetivas’.

3. Descubrimiento causal en mecánica cuántica

Hasta este punto, la intención del presente artículo ha sido simplemente la de informar acerca del estado actual de la cuestión en lo referido al contexto del descubrimiento, resumiendo y elaborando algunas de sus consecuencias. Esta última sección se propone, por contra, esbozar una tesis sustantiva en relación con dos de los temas más relevantes en la filosofía de la inferencia causal contemporánea, y señalar algunas de las referencias más importantes en relación con el desarrollo de esta tesis. Los dos temas en concreto son la extensión del PCC a grafos dirigidos cíclicos (lo que se conoce como la Condición Causal de Markov, o CCM), y la aplicación de las técnicas de descubrimiento causal a las ciencias físicas, y en concreto a la mecánica cuántica.

En relación con el primero, basta con mencionar que el debate se retrotrae a un artículo clave de Daniel Hausman y Jim Woodward, publicado en el *British Journal for the Philosophy of Science*, hace ya casi 15 años (Hausman and Woodward, 1999), y que ha generado una literatura considerable. En relación con el segundo tema, es de destacar que las aplicaciones más sobresalientes de la metodología del descubrimiento causal adumbrada por Reichenbach han tenido lugar, hasta ahora, en el contexto de las ciencias sociales y médicas. Surge la pregunta acerca de su posible aplicación en las ciencias naturales, y en concreto en la física. Los casos más llamativos de fenómenos de correlación estadística se encuentran en la física estadística y la física cuántica. La primera disciplina no supone mayores dificultades, dado el subyacente determinismo de las ecuaciones fundamentales que rigen los fenómenos al nivel de la microfísica. La mecánica cuántica, sin embargo, en sus interpretaciones más ortodoxas, describe una realidad indeterminista, y ha generado múltiples dificultades en la aplicación del programa de descubrimiento causal. Esta sección se limita a explicar, a modo de conclusión y de manera muy resumida, la naturaleza de las dificultades a las que ha dado lugar la aplicación del Principio de Causa Común de Reichenbach, y que tanto yo como mis colaboradores hemos venido estudiado con detenimiento en diversos proyectos de investigación y publicaciones (véanse Suárez, 2007; San Pedro, 2012, así como sus fuentes y referencias).

La mayor dificultad se encuentra en la aplicación del PCC a las denominadas correlaciones de Einstein, Podolsky y Rosen (correlaciones EPR). En un experimento EPR dos partículas *A*, *B* son emitidas por una fuente, viajando en direcciones opuestas. Puesto que el momento angular inicial es cero, los valores del espín

de las partículas (o bien $\frac{1}{2}$ o bien $-\frac{1}{2}$) deben sumar cero. Denotando el valor bivariado del espín como (\uparrow, \downarrow) , las partículas se encuentran en el denominado estado de singlete (ES):

$$\text{ES: } \frac{1}{2} \uparrow_A \downarrow_B + \frac{1}{2} \downarrow_A \uparrow_B.$$

Este estado describe correctamente las correlaciones entre los resultados de las mediciones del espín de ambas partículas a distancia. En concreto $\text{Prob}(\uparrow_B / \uparrow_A) = 0 = \text{Prob}(\downarrow_B / \downarrow_A)$; mientras que $\text{Prob}(\downarrow_B / \uparrow_A) = 1 = \text{Prob}(\uparrow_B / \downarrow_A) = 1$. Estas correlaciones se han verificado mediante experimentos en los que la medición sobre la partícula A está fuera del cono de luz relativístico de la medición sobre la partícula B, en el marco de referencia del laboratorio. Por tanto podemos suponer que la medición sobre A no es causa directa del resultado de la medición sobre B. Según la metodología de inferencia causal inaugurada por Reichenbach, esto implica que debe existir una ‘causa común’, o variable oculta que da pie a las correlaciones. El problema es que la búsqueda de tal teoría de variables ocultas que obedezca el PCC ha topado con insuperables dificultades. John Bell demostró, mediante el célebre teorema que lleva su nombre (Bell, 1987), que tales teorías no pueden reproducir las predicciones de la mecánica cuántica.

Mi labor de investigación en éste área a lo largo de los años ha consistido en demostrar que, aún así, es posible, a pesar del teorema de Bell, aplicar las técnicas de inferencia causal de Reichenbach. Las maneras más evidentes de restablecer la validez del PCC consisten en i) suspender la prohibición relativística que impide la existencia de causas directas en el experimento EPR, y ii) introducir causas comunes que no cumplan las condiciones impuestas por Bell, por ejemplo la llamada condición de independencia- λ (Berkovitz, 2011). Pero existe una tercera posibilidad, que consiste en abandonar el PCC a favor de otros principios más flexibles, como, por ejemplo, la mencionada Condición Causal de Markov, o CCM. No es éste el lugar apropiado para entrar a discutir los detalles; baste decir que la aplicación de CCM está ya ofreciendo resultados sorprendentes en relación con la naturaleza de la causalidad cuántica (Suárez y San Pedro, 2011). Su fertilidad demuestra que la metodología del descubrimiento causal inaugurada por Reichenbach es, en efecto, una herramienta de descubrimiento; y, además, una herramienta que nunca ha estado más vigente.

4. Agradecimientos

Agradezco a mis antiguos doctorandos y actuales colaboradores, en particular Iñaki San Pedro y Fernanda Samaniego, sus muchos comentarios y sugerencias

durante los últimos años, así como su apoyo personal y su compañía intelectual. A Iñaki San Pedro le debo también agradecer sus reacciones a un borrador del presente artículo, que evitaron alguna imprecisión conceptual de importancia. Parte de la investigación se ha llevado a cabo durante sendas estancias de investigación en la Universidad de Harvard, y en la London School of Economics. En lo referente al apoyo económico deben mencionarse los proyectos I+D FFI2008-06418-C03-01 (Ciencia e Innovación), FFI2011-29834-C01-03 (Economía y Competitividad), estancia de movilidad PR2010-066 del Ministerio de Ciencia e Innovación, además del Grupo de Investigación Complutense Métodos de Inferencia Causal y Representación Científica (GR35/10-A-930370).

Referencias bibliográficas

- AUFRECHT, M. (2010), *Values in Science: The Distinction between the Context of Discovery and the Context of Justification*, PhD dissertation, University of Washington, Seattle.
- BERKOVITZ, J. (2011), “On Explanation in Retro-Causal Interpretations of Quantum Mechanics”, in M. Suárez (ed.), *Probabilities, Causes and Propensities in Physics*, Dordrecht: Springer, pp. 115-156.
- CARNAP, R., O. HAHN, and O. NEURATH (1929 / 1973), “Wissenschaftliche Weltauffassung – Der Wiener Kreis” / “The Scientific Conception of the World: The Vienna Circle”, in *O. Neurath Empiricism and Sociology*, M. Neurath and R. S. Cohen (eds.), Dordrecht: Reidel.
- CARNAP, R. (1929 / 1969), *Der Logische Aufbau der Welt / The Logical Structure of the World*, Berkeley: University of California Press.
- COHEN, H. (1883), *Das Prinzip der Infinitesimal-Methode unde seine Geschichte. Ein Kapitel zur Grundlegung der Erkenntniskritik*, Berlin: Dümmler.
- GLYMOUR, C. (2008), “Hans Reichenbach”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.
- HAUSMAN, D. and J. WOODWARD (1999), “Independence, Invariance and the Causal Markov Condition”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 50, pp. 521-583.
- HOYNINGEN-HUENE, P. (1997), “Context of Discovery and Context of Justification”, *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, 18, 4, pp. 501-515.
- HOYNINGEN-HUENE, P. (2006), “Context of Discovery versus Context of Justification and Thomas Kuhn”, in J. Schickore and F. Steinle (eds.), *Revisiting Dsivoery and Justification*, Dordrecht: Springer, pp. 119-31.
- KUHN, T. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press.

- REICHENBACH, H. (1938), *Experience and Prediction: An Analysis of the Foundations of the Structure of Knowledge*, Chicago: University of Chicago Press.
- REICHENBACH, H. (1956), *The Direction of Time*, Berkeley: University of California Press.
- SPIRITES, P., C. Glymour and R. Scheines (1994), *Causation, Prediction and Search*, Dordrecht: Springer. 2nd. Edition (2001), Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- SAN PEDRO, I. (2012), “Causation, Measurement-Relevance, and No-Conspiracy in EPR”, *European Journal for Philosophy of Science*, 2, pp. 137-156.
- SUÁREZ, M. (2007), “Causal Inference in Quantum Mechanics: A Reassessment”, in F. Russo and J. Williamson (eds.), *Causality and Probability in the Sciences*, London: London College Texts, pp. 65-106.
- SUÁREZ, M. (2011), “Causal Markov, Robustness and the Quantum Correlations”, en M. Suárez (ed.), *Probabilities, Causes and Propensities in Physics*, Dordrecht: Springer, pp. 173-196.
- SCHLICK, M. (1918 / 1985) *Allgemeine Erkenntnislehre / The General Theory of Knowledge*, Open Court.
- WOODWARD, J. (2003), *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*, Oxford: Oxford University Press.

Mauricio Suárez
Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia
Facultad de Filosofía
Universidad Complutense de Madrid
msuarez@filos.ucm.es

Centre for the Philosophy of the Natural and Social Sciences (CPNSS)
London School of Economics
m.suarez@lse.ac.uk