

Interpretaciones y ontologías cuánticas

Claudia E. Vanney

Instituto de Filosofía, Universidad Austral (Argentina)
cvanney@austral.edu.ar

DOI: 10.17421/2498-9746-03-24

Abstract

Whereas the technological applications of quantum mechanics are extraordinarily abundant, its ontological implications are very controversial. Not only did several interpretations of the original quantum formalism develop throughout the last century, but modifications of the primitive formalism were also proposed, introducing new relevant theoretical elements, which gave rise to very different quantum ontologies. This article highlights that the diversity of quantum ontologies reveals the impossibility of establishing an exclusive inference from the empirical success of a theory and its ontological truth. Since scientific objectifications in general –and those of quantum mechanics in particular– have a limited cognitive scope, they don't allow choosing a specific interpretation of the theory among the many possible ones, so that meta-scientific criteria are required.

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción	405
2	¿Qué dice la mecánica cuántica acerca de la naturaleza?	406
3	¿Pluralismo ontológico o antirrealismo?	409
4	Conocimiento científico y conocimiento metafísico de la naturaleza	410
	Notas	411

1 INTRODUCCIÓN

Es un hecho indudable que la mecánica cuántica significó una expansión importante del conocimiento científico con abundantes aplicaciones tecno-

lógicas. Pero también es evidente que el surgimiento de la mecánica cuántica condujo, a inicios del siglo XX, a una profunda revisión del paradigma clásico. Por un lado, los fenómenos microscópicos estudiados por esta teoría se encuentran muy lejos de nuestra observación directa. Por otro, muchos de sus resultados experimentales desafían fuertemente el sentido común. La mecánica cuántica ha dado así lugar a una paradoja. Mientras que sus aplicaciones tecnológicas son extraordinariamente abundantes, la visión ontológica que esta teoría suscita continúa siendo muy controvertida.

Las peculiaridades del mundo microfísico abrieron muy pronto el debate a cuestiones nuevas. ¿Cuál es el significado del estado cuántico de un sistema?, ¿qué rol desempeña el observador durante el proceso de medición?, ¿qué significa la no separabilidad de las partículas cuánticas?, ¿por qué se las considera indistinguibles?, ¿son sus entidades no locales?, ¿existe un indeterminismo a nivel microfísico? Estas preguntas son sólo algunos de los interrogantes con gran relevancia en el mundo cuántico.

A pesar de lo intelectualmente estimulante que resultó este nuevo ámbito de discusión, determinar qué visión de naturaleza suscita la mecánica cuántica continúa siendo una cuestión abierta en la actualidad, y no exenta de dificultades. Si además se tiene en cuenta que la mecánica cuántica es sólo el primer paso de una serie de teorías cuánticas más generales –como la teoría de cuerdas o la gravedad cuántica de bucles, que son las teorías que brindan un marco tanto matemático como conceptual a otras importantes áreas de la física contemporánea, como la física de partículas elementales– hay que concluir que quienes se interesan por las dimensiones metafísicas de la naturaleza no deberían evadir un estudio de las diversas propuestas de ontologías cuánticas, a pesar de la complejidad que estas comportan.

2 ¿QUÉ DICE LA MECÁNICA CUÁNTICA ACERCA DE LA NATURALEZA?

Como es bien sabido, para que un formalismo matemático diga algo acerca del mundo material, el formalismo se tiene que poder interpretar en función de cantidades medibles. A su vez, para que un formalismo matemático se considere un formalismo con sentido físico, se requiere una interpretación que vincule el formalismo con la ontología. Si bien el paso del formalismo matemático a su interpretación ontológica fue muchas veces problemático en la mecánica, las características anti-intuitivas del mundo cuántico y su referencia a un ámbito inobservable agudizaron esta dificultad, dando cabida al surgimiento de ontologías cuánticas muy diferentes. Si a esta dificultad se añade que no todas las teorías cuánticas comparten un mismo forma-

lismo matemático, porque algunas propuestas introducen modificaciones al formalismo primitivo añadiendo elementos teóricos relevantes, es posible hacerse una idea de la complejidad del tema que nos ocupa.

En la actualidad conviven muchas interpretaciones distintas de la mecánica cuántica: las que asumen un colapso de la función de onda en la medición (entre estas, la más difundida es la interpretación de Copenhague); las interpretaciones estadísticas (como la interpretación de Born); la mecánica bohmiana (que modifica el formalismo de la mecánica cuántica incluyendo la postulación, a un nivel inferior, de ciertas variables ocultas integradas al estado cuántico); las interpretaciones de inspiración everettiana en sus diversas formulaciones como la interpretación de muchos mundos o la de muchas mentes (interpretaciones que están muy de moda en el ambiente científico actual); las interpretaciones modales; las interpretaciones de historias; las interpretaciones relacionales; entre muchas otras más¹.

Como otras teorías de la física, la teoría cuántica asigna estados a los sistemas físicos. El estado cuántico de un sistema físico se representa matemáticamente mediante la función de ondas. La interpretación del estado cuántico, sin embargo, depende fuertemente de la interpretación elegida. Para la interpretación de Copenhague, por ejemplo, el estado cuántico describe de un modo completo todas las características de un sistema individual, definiendo para cada propiedad (como la posición, la energía o el momento) la distribución de probabilidad de sus valores posibles². Las interpretaciones estadísticas, en cambio, consideran que la función de onda es una función estadística abstracta, aplicable únicamente a procedimientos similares que se repiten. Para esta interpretación, la función de ondas no refiere así a un sistema singular, sino a un conjunto de sistemas preparados de un modo similar³. La mecánica bohmiana, por su parte, postuló la existencia, de ciertas 'variables ocultas' integradas al estado cuántico que completan la información de la función de onda, fijando las trayectorias de las partículas y restaurando el determinismo en el nivel micro-físico⁴. Las diversas interpretaciones del formalismo bohmiano, a su vez, ofrecen ontologías muy diferentes, como, por ejemplo, un monismo de partículas⁵, un dualismo de ondas piloto y partículas⁶, o un dualismo radical de la función de onda universal y la partícula universal⁷, entre otras. Como último ejemplo, mencionaré a las interpretaciones everettianas, que ofrecen una interpretación realista pero muy peculiar del estado cuántico. Estas interpretaciones afirman la realidad objetiva de una función de ondas universal, considerando que todos los estados cuánticos se realizan en infinitos mundos que se bifurcan, de manera que en el universo existen paralelamente muchos mundos similares al nuestro⁸.

Como vemos, la diversidad vigente de interpretaciones tiene como con-

secuencia que los fundamentos mismos de la mecánica cuántica continúan siendo muy discutidos en el seno de la comunidad científica actual, sin que los investigadores alcancen un consenso ni siquiera en las cuestiones más esenciales. En el año 2013 se realizaron dos relevamientos entre los especialistas que participaron en dos congresos dedicados específicamente a los fundamentos de la mecánica cuántica. Los resultados obtenidos pusieron en evidencia la gran disparidad de opiniones que existe entre los expertos. A modo de ejemplo, mencionaré solamente los resultados obtenidos en dos de las preguntas analizadas⁹. Cuando se les preguntó qué interpretación preferían del estado cuántico, un 15 % de los investigadores se inclinó por una interpretación epistémica, un 38 % por una interpretación óptica, un 18 % por una mezcla de interpretaciones epistémica y óptica, un 6 % por una interpretación estadística, y un 23 % por otras interpretaciones. En otra pregunta se relevó la opinión de los investigadores acerca del azar presente en los eventos cuánticos individuales. En este caso, un 23 % respondió que el azar es sólo aparente, un 20 % que hay un determinismo oculto, un 28 % que el azar es irreductible y un 29 % que el azar es un concepto fundamental en la naturaleza. Es decir, vemos que incluso en temas esenciales de la teoría, como la significación del estado cuántico o si existe un indeterminismo a nivel microfísico, las opiniones se encuentran profundamente divididas.

Como la práctica científica se suele orientar a objetivos específicos, los físicos experimentales pueden eludir las cuestiones relativas al significado ontológico de la mecánica cuántica en su trabajo cotidiano. Así, gran parte de los físicos experimentales, y de los ingenieros que trabajan, por ejemplo, en nanotecnologías, pueden hacer un uso meramente pragmático del formalismo cuántico, sin preocuparse (de manera tácita o explícita) de sus implicancias ontológicas.

Pero los físicos teóricos y los filósofos de la física, como investigan los fundamentos de las teorías físicas, no suelen evadir los planteamientos ontológicos, sino que buscan ahondar en el conocimiento del mundo microfísico desde algún marco interpretativo que previamente eligen. Al realizar esta tarea suelen afinar los detalles de la interpretación que utilizan, y las correcciones que introducen muchas veces dan lugar a una interpretación nueva, ligeramente distinta a la que asumieron inicialmente. Por esta razón se suele hablar de *familias* de interpretaciones de la mecánica cuántica, agrupando dentro de una familia a aquellas interpretaciones que comparten algunas ideas centrales y difieren en elementos particulares, como un modo de ordenar el amplísimo abanico de interpretaciones (con sus correspondientes propuestas ontológicas) que existen de esta teoría.

Esta multiplicidad de ontologías cuánticas ha llevado a algunos filósofos

de la física incluso a afirmar que la física contemporánea en general, y la mecánica cuántica en particular, promueven una visión ontológica pluralista. Admiten así un cierto acceso al conocimiento de informaciones parciales válidas, pero asumen también la imposibilidad de conocer la realidad en cuanto tal. Sin embargo, así como para los filósofos de la física no resulta suficiente el modo de proceder pragmático de los investigadores empíricos, y se preguntan por la visión ontológica que el formalismo teórico suscita, para quienes estudian las dimensiones metafísicas de la naturaleza no resulta razonable admitir una pluralidad de ontologías referidas a un mismo ámbito de la realidad.

3 ¿PLURALISMO ONTOLÓGICO O ANTIRREALISMO?

Agudizado por los desafíos abiertos por la mecánica cuántica, la discusión sobre el alcance cognoscitivo de la ciencia fue objeto de un intenso debate epistemológico durante el siglo XX, dando lugar a posiciones diversas. Por un lado, quienes adhieren a un *realismo científico* promueven una actitud epistémica positiva acerca del contenido de las mejores teorías y modelos. Para ellos, la ciencia brinda un conocimiento aspectual de la realidad, en la que también se incluyen dimensiones inobservables. Pero, por otro lado, también han surgido varias epistemologías rivales al realismo, conocidas colectivamente como formas de *antirrealismo científico*. A diferencia de los realistas, los antirrealistas no buscan una correspondencia entre la teoría científica y la realidad.

Los instrumentalistas, por ejemplo, consideran que los enunciados teóricos son meros instrumentos que sirven para predecir fenómenos observables o para sistematizar informes de observaciones, negando su valor de verdad¹⁰. Las teorías científicas serían así meras construcciones humanas convenientes, herramientas prácticas que facilitan el control predictivo o técnico de la realidad. Los modelos científicos serían ficciones imaginativas, que se utilizan en la construcción de las teorías pero que luego se descartan¹¹. Los escépticos directamente niegan la posibilidad de un conocimiento verdadero o de un progreso de la ciencia hacia él¹². Los kantianos sostienen que, a pesar de la existencia de una realidad extramental, la realidad se encuentra 'velada' a nuestros ojos¹³. Los pragmatistas reemplazan el concepto realista de verdad como correspondencia por algún otro sustituto epistémico, como la coherencia¹⁴ o el consenso¹⁵. Los antirrealistas metodológicos consideran que una referencia de las teorías a la verdad es inaccesible, reemplazando esta referencia por algún sucedáneo epistémico, como las predicciones exi-

tosas¹⁶ o la simplicidad¹⁷. Para los historicistas la realidad empírica se estructura según paradigmas científicos que se van sucediendo en el tiempo¹⁸. Para el constructivismo empírico, las teorías sólo buscan salvar las apariencias. Es decir, si bien las teorías pueden tener un valor de verdad, éste resulta irrelevante para los fines de la ciencia¹⁹. Vemos que el panorama es diverso. Pero, en definitiva, el debate sobre el realismo científico puso de manifiesto que la relación entre ciencia y realidad es problemática, de manera que no es sencillo configurar propuestas realistas coherentes²⁰.

En este contexto, la multiplicidad de ontologías cuánticas parecería ponernos ante el dilema de tener que elegir entre un antirrealismo o un pluralismo ontológico. ¿Pero son éstas las únicas posibilidades? En mi opinión, si se asume que las objetivaciones científicas son el único tipo de conocimiento válido sólo cabe esta disyuntiva: antirrealismo o pluralismo. Ambas posiciones agudizan la duda radical y conducen fácilmente al escepticismo. Sin embargo, para resolver este dilema cabe considerar una tercera alternativa: reconocer que existen modos diversos de ejercer la racionalidad, sin que el conocimiento se reduzca exclusivamente al método científico.

4 CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y CONOCIMIENTO METAFÍSICO DE LA NATURALEZA

La pluralidad de interpretaciones y ontologías cuánticas ofrece, por un lado, un ejemplo destacado para afirmar que el método científico no permite establecer una inferencia unívoca desde el éxito empírico de una teoría a su verdad ontológica. Por otro lado, la mecánica cuántica muestra además la necesidad de acudir a criterios extra-científicos para elegir una interpretación particular de la teoría (con su correspondiente visión ontológica), porque el formalismo matemático no resulta concluyente.

La mecánica cuántica estaría abriendo así un doble camino a un conocimiento metafísico de la naturaleza. El primero, al asumir la legitimidad del conocimiento científico sin dejar de advertir su limitación. El segundo, al admitir que la elección del marco interpretativo de la teoría se realiza siguiendo criterios que no son científicos, y que, si no son arbitrarios, se podrían asumir como trans-físicos, o metafísicos.

Pero esta apertura de la ciencia presenta también nuevos desafíos a la filosofía, porque exige una teoría del conocimiento que permita dar cuenta tanto del conocimiento científico como del conocimiento metafísico. Se requiere explicar las diversas dimensiones del conocimiento científico mediante una cuidada distinción de niveles de objetivación; y también, propo-

ner un método cognoscitivo distinto a la objetivación matemática para el conocimiento metafísico²¹. Es decir, se trata no sólo de reconocer, sino también de explicar los diversos modos de ejercer la racionalidad, mostrando que el conocimiento científico y el conocimiento metafísico de la naturaleza no se excluyen ni se reduce el uno al otro, sino que se complementan.

NOTAS

1. Cfr. C.E.Vanney, *Interpretaciones de la mecánica cuántica*, en C.E. Vanney, I. Silva y J.F. Franck (eds.) *Diccionario Interdisciplinar Austral*, 2016, URL=http://dia.austral.edu.ar/Interpretaciones_de_la_mecánica_cuántica
2. Cfr. W. Heisenberg, *The Copenhagen Interpretation of Quantum Theory*, en *Physics and Philosophy. The Revolution in Modern Science*, Harper & Brothers Publishers, New York 1958, pp. 44-58.
3. Cfr. M. Born. *Statistical interpretation of Quantum Mechanics*, «Science», 122/3172 (1955), pp. 675-679.
4. Cfr. D. Bohm, *A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I*, «Physical Review», 85/2 (1952), pp.166-179; D. Bohm, *A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables.II*, «Physical Review», 85/2 (1952), pp.180-193.
5. Cfr. D. Dürr, S. Goldstein y N. Zanghí, *Quantum equilibrium and the origin of absolute uncertainty*, «Journal of Statistical Physics», 67/5-6 (1992), pp. 843-907.
6. Cfr. A. Valentini, 2010 *De Broglie-Bohm Pilot-Wave Theory: Many Worlds in Denial?*, en J. Saunders, A. Barrett, A. Kent y D. Wallace (eds.), *Many Worlds? Everett, Quantum Theory, and Reality*, Oxford University Press, Oxford 2010, pp. 476-509.
7. Cfr. D. Albert, *Elementary quantum metaphysics*, en J.T. Cushing, A. Fine and S. Goldstein (eds.), *Bohmian Mechanics and Quantum Theory: An Appraisal*, Kluwer Academic Press, Dordrecht 1996, pp. 277-284.
8. Cfr. H. Everett, *'Relative State' Formulation of Quantum Mechanics*, «Reviews of Modern Physics», 29/3 (1957), pp. 454-462.
9. Cfr. M. Schlosshauer, J. Kofler y A. Zeilinger, *A snapshot of foundational attitudes toward quantum mechanics*, «Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics», 44/3 (2013), pp. 222-230; T. Norsen y S. Nelson. *Yet Another Snapshot of Foundational Attitudes Towards Quantum Mechanics*, 2013 *arXiv:1306.4646 [quant-ph]*.
10. Cfr. R. Carnap, *Philosophical foundations of physics: an introduction to the philosophy of science*. Basic Books, New York 1966.
11. Cfr. H. Vaihinger, *The philosophy of "As if": a system of the theoretical, practical and religious fictions of mankind*, K. Paul, Trench, Truber & co, London 1924.
12. Cfr. P. Feyerabend, *Farewell to reason*, Verso, London 1987.
13. Cfr. B. d'Espagnat, *Quantum Physics and Reality*, «Foundations of Physics», 41/11 (2011), pp. 1703-1716.

14. Cfr. N. Rescher, *The coherence theory of truth*, Oxford University Press, Oxford 1973.
15. Cfr. R. Rorty, *Truth and Progress*. Vol. iii, *Philosophical Papers*. Cambridge University Press, Cambridge 1998.
16. Cfr. L. Laudan, *A Confutation of Convergent Realism*, «Philosophy of Science», 48/1 (1981), pp. 19-49.
17. Cfr. N. Goodman, *Problems and projects*, Bobbs-Merrill, Indianapolis 1972.
18. Cfr. T. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago 1996.
19. Cfr. B. Van Fraassen, *The Scientific Image*, Oxford University Press, Oxford 1980.
20. El realismo crítico busca proponer una postura intermedia entre realistas y antirealistas científicos, ver I. Niiniluoto, *Critical Scientific Realism*, Oxford University Press, Oxford 1999.
21. Un intento en esta dirección se encuentra, por ejemplo, en la teoría del conocimiento de Leonardo Polo, cfr. L. Polo, *Curso de Teoría del Conocimiento. Tomos I a IV*, Eunsa, Pamplona 1984-1996. Este autor discierne una diversidad de actos intelectuales y métodos cognitivos. Por un lado, en el conocimiento científico se ejercen ciertos actos cognoscitivos específicos, con los que se accede a un verdadero conocimiento de la naturaleza, aunque con las limitaciones propias de la objetivación científica. Por otro, Polo también propone un método intelectual propio para la metafísica, diferente al pensar objetivante, para acceder al conocimiento de temáticas que son trans-físicas y trans-inmanentes, es decir, para conocer temas metafísicos, antropológicos y teológicos, cfr. C. Vanney, *Principios Reales y Conocimiento Matemático. La Propuesta Epistemológica de Leonardo Polo*, Eunsa, Pamplona 2008.

© 2017 Claudia E. Vanney & Forum. Supplement to Acta Philosophica



Quest'opera è distribuita con Licenza [Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

[Testo completo della licenza](#)