

# Lógicas no clásicas (V): La lógica cuántica

**La lógica cuántica se compone de varios valores y no ya únicamente de dos, como la lógica clásica. Pero, más apasionante aún, la lógica cuántica trabaja con sistemas abiertos, en los que la disyunción exclusiva o la negación exclusiva no constituyen límites definitivos.**

**E**l desarrollo de la mecánica cuántica —particularmente en el período 1924-1927— representó el comienzo de una revolución cuyas consecuencias apenas comienzan a sentirse en la investigación científica, pero sobre la cual la sociedad en general y el Estado permanecen distantes, insensibles o ignorantes. Se trata de la revolución del descubrimiento del universo microscópico. Ciertamente, entre los antecedentes claros del descubrimiento del universo microscópico se encuentra la obra de Louis Pasteur a finales del siglo XIX, pero es tan sólo con la física cuántica como el mundo microescalar se convierte en tema de reflexión y objeto de trabajo.

El universo microscópico consiste esencialmente de seis niveles, hasta la fecha: el mili, micro, nano, pico, femto y atto - métrico. Sus dimensiones se sitúan de modo correspondiente en  $10^{-3}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-9}$ ,  $10^{-12}$ ,  $10^{-15}$ ,  $10^{-18}$ . Pues bien, como se sabe, la física cuántica es la física del universo microescalar, en contraste con la teoría de la relatividad, que es la teoría física del universo macroscópico.

Formando parte del universo microscópico se encuentra el descubrimiento de la biología de la célula, cuyo pionero y figura más relevante es Christian de Duve, quien recibe el premio Nobel en 1974 por sus trabajos sobre la organización estructural y funcional de la célula. Descendiendo ulteriormente hasta los genes -A, C, T, G, y en ocasiones el U-, y los procesos informacionales que los sostienen y se encuentran en su base, podemos hablar en rigor, incluso, de la física subcuántica, que emergen como la próxima frontera de investigación en la escala microscópica del universo.

cultura

**CARLOS EDUARDO  
MALDONADO**

Profesor-investigador de la  
Facultad de Finanzas, Gobierno  
y Relaciones Internacionales  
[carlos.maldonado@uexternado.edu.co](mailto:carlos.maldonado@uexternado.edu.co)



cultura y sociedad 

VERO



### Lógicas filosóficas

Pues bien, en este marco general surge el problema fundamental acerca de las relaciones y las correspondencias entre el universo macroscópico —que es aquel del cual se ocupan mayor parte de las ciencias y disciplinas— y el universo microscópico —compuesto, notablemente, por la mecánica cuántica, la nanotecnología, la femtoquímica y todos los procesos bioquímicos que se encuentran por debajo de la escala de la célula—. Este problema define con exactitud y sienta todas las bases para la más difícil de las lógicas no clásicas (más propiamente llamadas lógicas filosóficas).

En efecto, la lógica cuántica, propuesta originalmente por G. Birkhoff y J. von Neumann en 1936, surge con una dúplice función. Por un lado, intenta dar una solución al problema real de la interpretación cuántica y, por otra, pero justamente en estrecha conexión con la anterior, se ocupa de establecer si el mundo macroscópico es o puede ser como lo sostiene la física cuántica y, por tanto, cuáles son las relaciones o los tipos de relación entre las dos dimensiones fundamentales de la realidad: la macroscópica y la microscópica. Este dúplice —o quizás triple— problema sitúa a la lógica cuántica, de manera precisa, en el interior de las lógicas no clásicas. Dicho en forma inversa: la lógica clásica —que es la lógica simbólica o la lógica matemática— es la lógica del universo macroscópico y nada sabe sobre el universo microescalar.

La dificultad más grande que plantea la mecánica cuántica es de orden filosófico y se conoce como el problema de la interpretación de la Escuela de Copenhague. En pocas palabras, se trata de establecer si la realidad es sustantiva —como creía Einstein—, o bien ilusoria —como se deriva de la tesis de Bohr—. La naturaleza de este problema tiene que ver exactamente con el más difícil de todos los problemas en ciencia: la interpretación de los datos, de las evidencias y de los resultados. Es alrededor de la interpretación como surgen los más álgidos problemas en ciencia, en general. En la física cuántica, este problema se formula en términos de la indeterminación —una idea proveniente de Heisenberg—. Los científicos son, en general, extremadamente cautelosos a la hora de elaborar interpretaciones sobre su propio trabajo o el de sus colegas, y prefieren limitarse a los fenómenos de medición, cuantificación, experimentación y otros semejantes.

La física cuántica contiene un segundo problema fundacional. Se trata del problema de la medición, que se expresa en su forma más específica en los fenómenos de entrelazamiento (entanglement) de partículas.

La dificultad más grande que plantea la mecánica cuántica es de orden filosófico y se conoce como el problema de la interpretación de la Escuela de Copenhague. En pocas palabras, se trata de establecer si la realidad es sustantiva o ilusoria.

### Otro problema fundacional

La física cuántica contiene un segundo problema fundacional. Se trata del problema de la medición, que se expresa en su forma más específica en los fenómenos de entrelazamiento (*entanglement*) de partículas. De esta suerte, el problema de la indeterminación (por ejemplo, el famoso experimento mental del gato de Schrödinger) y el de la medición representan dos retos fundamentales para el conocimiento de la realidad y, en consecuencia, para las acciones sobre el mundo y la naturaleza.

Éste constituye, justamente, el motivo de trabajo de la lógica cuántica, consistente en el estudio de una estructura semántica congruente con la física cuántica. Hasta la fecha se han explorado diversos caminos para intentar determinar la estructura conceptual —y, por tanto, también lingüística y lógica— de los fenómenos y comportamientos cuánticos. Dos de estos caminos, quizás los más conspicuos, son el trabajo con la estructura semántico-algebraica del cálculo proposicional clásico y el trabajo con fracciones booleanas de la lógica cuántica. Estos dos caminos, y otros más, buscan llenar el vacío existente entre dos comprensiones igualmente sólidas y consistentes del universo, pero por completo inconmensurables entre sí: la realidad de lo macro y de lo micro. En muchos dominios del conocimiento —la física tanto como la química, la filosofía al igual que la lógica, la cosmología tanto como la física de partículas, por ejemplo—, ésta constituye, por así decirlo, una de las últimas fronteras del conocimiento y de la realidad. La verdad es que se vienen dando pasos hacia una integración o unificación de ambas escalas de la realidad, a ritmos acelerados. Es sensato pensar que en el lapso de una o dos generaciones, como máximo, podremos alcanzar una versión integrada de la realidad, del mundo, del universo. Esta versión encontrará como una de las hebras constitutivas a las lógicas no clásicas y más exactamente a la lógica cuántica.

### Desarrollar un lenguaje

El trabajo de la lógica cuántica consiste en desarrollar un lenguaje que permita traducir al lenguaje de los fenómenos y comportamientos macroscópicos las especificidades del mundo cuántico que tienen —o mejor aún, que *son*— un lenguaje radicalmente diferente del que usamos en la escala macro. Es posible expresar esta idea también en otros términos, a saber: el objetivo de la lógica cuántica es estudiar si la semántica cuántica se corresponde o no con la semántica proposicional clásica. Y si no se corresponde, entonces trabaja en la construcción de un puente.

contenido



dossier



actualidad



imamundi



cuarto de huéspedes



economía y finanzas



ventana global



peso pluma




contraseña

cultura y sociedad







La lógica cuántica se compone de varios valores y no ya únicamente de dos, como la lógica clásica. Pero, más apasionante aún, la lógica cuántica trabaja con sistemas abiertos en los que la disyunción exclusiva o la negación exclusiva no constituyen límites definitivos. Otros intentos por superar la brecha entre el universo macroscópico y el microscópico han consistido en la aproximación a la lógica cuántica en términos de la lógica modal, que es una lógica de gradientes y no de entidades sustantivas. En cualquier caso, todo parece indicar que el terreno más propicio debe atravesar por la lógica algebraica, como el estudio de eventos condicionales que admiten, ulteriormente, una complejización.

La lógica cuántica encuentra en el problema de la condicionalidad de los eventos el más idóneo de los terrenos, de tal suerte que hunde sus raíces, férreamente, en el dominio de la lógica. En verdad, el objeto de la lógica en general, tanto de la clásica como de las no clásicas, es el estudio de la implicación. Así, el tema consiste en lo siguiente: ¿qué clase de implicaciones tienen o admiten los eventos cuánticos? Planteado en un lenguaje técnico, el tema que surge aquí es el de la ortogonalidad de las implicaciones y las proposiciones de la mecánica cuántica; es decir, la posibilidad de considerarlas sin ambigüedades y en función de no contradicción. Este tema, sin embargo, es objeto de debates continuos y agudos por parte de lógicos, filósofos y físicos, principalmente.

En cualquier caso, es fundamental advertir que los fenómenos y comportamientos cuánticos no se reducen únicamente al universo microscópico. El universo macroscópico también revela y contiene temas cuánticos, entre los que se destacan el estudio de la superconductividad y el de los fenómenos de singularidad cósmica (o agujeros negros). Esta advertencia, al mismo tiempo que sirve para evitar reduccionismos en la comprensión de la mecánica cuántica —notablemente la de su circunscripción tan sólo a lo micro—, hace de la lógica cuántica un tema de amplia complejidad.

En fin, no en última instancia, desde el punto de vista lógico, el tema inescapable a la reflexión es el de las escalas de lo verdadero y la conmensurabilidad entre verdades de dimensión y magnitud diferente.

En cualquier caso, hay que advertir que las ciencias sociales y humanas ignoran todo lo referente al universo microscópico, pues siguen considerando objetos, problemas y temas de la escala macroscópica, desconociendo que existen serios problemas de correspondencia entre lo macro y lo micro. Con toda seguridad, el estudio de la lógica cuántica puede ampliar de manera significativa la visión de las ciencias sociales y humanas, si es que no las modifica de raíz. ■

#### Referencias

- Aczel, A.D., *Entrelazamiento. El mayor misterio de la física*, Madrid, Crítica, 2004.  
Bell, J.S., *Speakable and Unsayable in Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, 1987.  
Calabrese, P., «Toward a More Natural Expression of Quantum Logic with Boolean Fractions», *Journal of Philosophical Logic*, 34, 2005, pp. 363-401.  
Gribbin, J., *Q is for Quantum*, Nueva York, The Free Press, 1998.  
Martínez Muñoz, S.F., «La lógica cuántica», en Alchourrón, Méndez, Orayen (eds.), *Lógica*, Madrid, Trotta, pp. 227-236.  
Rae, A., *Quantum Physics: Illusion or Reality?*, Cambridge University Press, 1986.

La física cuántica es la física del universo microescalar, en contraste con la teoría de la relatividad, que es la teoría física del universo macroscópico.

cultura