CUÁNTICA Y HUMANIDADES

Malestar cuántico: reflexiones sobre el arte y la interdisciplinariedad

Reiko Yamada



Física cuántica y frecuencias creativas. Conceptualización: Luisa Quiroga

Como compositora que se ha relacionado con los físicos cuánticos durante los últimos cuatro años, experimento una sensación de malestar cuando escucho el término *arte cuántico*. Como muchos otros términos con el adjetivo *cuántico*, este cada vez gana más popularidad. Se ha hecho tan omnipresente que incluso una sartén que compré no hace mucho llevaba una etiqueta que proclamaba la fabricación con tecnología cuántica. Desgraciadamente, la definición de tecnología cuántica se ha extendido más allá de su significado científico y ha dado lugar a una serie de usos imprecisos y a veces engañosos del término. En las artes, ámbito en el cual las definiciones se revisan y se reinventan continuamente, la palabra *cuántico* también está sujeta a una interpretación amplia. En consecuencia, muchos artistas se pueden autoidentificar como *artistas cuánticos* y las obras de arte se pueden presentar como arte cuántico, con obras que van desde tenues conexiones de dos cosas aparentemente diversas (entrelazamiento) hasta exploraciones de temas de inspiración atómica.

Me siento afortunada haber ocupado un lugar, primero como artista residente y después como investigadora posdoctoral, en el ICFO, el Instituto de Ciencias Fotónicas de Barcelona, donde cada día más de cuatrocientos físicos desarrollan sus respectivos proyectos de investigación en física. El mundo de la física cuántica es cautivador y, para mí, una fuente perpetua de inspiración creativa, y estoy segura de que no soy la única artista

que encuentra inspiración en este campo. Sin embargo, la explotación frecuente de la palabra *cuántico* en la industria de las artes me preocupa, sobre todo porque he acabado entendiendo mejor qué es la investigación en física cuántica.

Arte cuántico

Cuando se hace referencia al arte cuántico, muchas personas lo asocian a concursos de fotografía durante la semana de la ciencia, exposiciones en museos de la ciencia o publicaciones de moda en Instagram por parte de industrias emergentes relacionadas con el mundo cuántico. También puede ser que recuerden encuentros con autoproclamados «creyentes cuánticos», que ofrecen meditación, entrenamiento personal y curación energética con cristales y obras de arte con el tema del universo de fondo. Es bien comprensible que esta tergiversación de la física cuántica sea frustrante para los investigadores genuinos en este campo.

Conviene señalar que no a todas las personas autodidactas les faltan conocimientos y experiencia. No obstante, en varios entornos, como aeropuertos o exposiciones científicas, he encontrado personas que dicen que son físicos cuánticos autodidactas. Cuando menciono mi trabajo como compositora que colabora con físicos cuánticos, algunos me han contestado: «¡Yo también! Soy artista y creo en lo cuántico». Aunque el conocimiento autodidacta no tiene nada inherentemente malo, los debates pueden resultar improductivos cuando la base de la 'investigación' objeto de debate son las publicaciones de Facebook y las webs místicas. Estos tipos de webs suelen utilizar la idea personal que tiene su propietario de la física cuántica para alimentar su propio sistema de creencias espirituales y el de su comunidad.

Sin embargo, me produjo un gran desconcierto la relación entre la física cuántica y las prácticas espirituales y la exageración con que se presentaba. ¿Cuándo leí el cebo del marketing, «A punto para la cuántica»?, en una web que anunciaba el programa para obtener el certificado de Quantum Life Coaching por 6.497 dólares, por fin entendí la frustración de los investigadores, no sólo por la mala utilización de los términos prestados de la física cuántica, sino también por el hecho de que su investigación es tergiversada y utilizada con finalidades comerciales. Una academia de entrenamiento personal cuántico cobra 9.997 dólares por su programa, afirmando que el «valor real» del programa es más del doble de esta cantidad.

> El mundo de la física cuántica es cautivador y una fuente perpetua de inspiración creativa. La combinación del término cuántico y el término arte parece haber creado un ideal supremo que sintoniza bien con el público en general

Actualmente, la creatividad se considera una calidad fundamental para emprendedores y

directivos empresariales. Se anima a todo el mundo a ser un artista; incluso el desarrollo de materiales nuevos y ordenadores más rápidos que utilizan tecnología cuántica parece que se dirige principalmente a ganar dinero por medio de empresas artísticas. Por ejemplo, el objetivo final de desarrollar teléfonos inteligentes más avanzados es fundamentalmente ofrecer a la gente mejores herramientas para mostrar su arte en las plataformas de las redes sociales. La combinación del término *cuántico*, que normalmente representa la ciencia futurista de vanguardia (a pesar de sus raíces en el siglo XIX) y el término *arte*, que engloba una amplia gama de experiencias humanísticas estéticas, parece haber creado un ideal supremo que sintoniza bien con el público en general. Como resultado, el arte cuántico se utiliza ampliamente en las tareas de monetización, así como en actividades de divulgación científica.

No hay que decir que en cualquier campo a menudo hay una brecha inherente entre la manera como lo entienden los profesionales y la comprensión del público en general. En el ámbito del cine, obras excelentes como *Locos por las partículas* (2013) e *Interstellar* (2014) utilizan de manera precisa y auténtica la física cuántica sin una dramatización excesiva. Muchas otras películas y series utilizan conceptos de la física cuántica como frágiles excusas para resultados altamente improbables, como ahora la idea de que todos y todo el mundo se puede conectar mediante el «entrelazamiento», o que cualquier cosa es posible gracias a la «superposición». No nos tiene que extrañar, pues, que el público en general tenga muchas ideas erróneas sobre la física cuántica, dado que muchos fenómenos del mundo cuántico son extremamente difíciles de entender.

Aunque me gustan las obras de muchos artistas inspiradas en la física cuántica, tengo que expresar mi opinión: a menudo estas obras no consiguen abordar la brecha entre profesionales y público general con eficacia. Por ejemplo, durante una charla de artistas celebrada una noche en un local en Barcelona, lleno hasta los topes, uno de los artistas expresó su malestar por la actitud privilegiada y condescendiente que muestran los académicos hacia las personas que buscan conocimiento fuera de las instituciones educativas tradicionales. Remarcó que el conocimiento, como el conocimiento sobre la física cuántica, no se tendría que limitar a los que tienen el privilegio de poder estudiar o dedicarse a la investigación en instituciones de enseñanza superior.

Aunque en general estoy de acuerdo con el sentimiento expresado por el artista sobre la accesibilidad del conocimiento, no pude evitar notar la decepción entre los físicos del público cuando el artista presentaba sus obras de inspiración cuántica. En las conversaciones que mantuve con un científico después del acontecimiento, me explicó que esta decepción se originaba en una falta de respeto percibida hacia la profundidad del conocimiento implicada. La mecánica cuántica, como campo de investigación, requiere una base sólida en matemáticas avanzadas sólo para entender los fundamentos básicos de sus fenómenos. Las matemáticas sirven como la herramienta más eficaz actualmente disponible para explicar conceptos cuánticos, a pesar de ser un mero lenguaje de representación. Incluso con elaboradas alegorías, la comprensión de la verdadera naturaleza de los fenómenos cuánticos sigue siendo difícil para la mayoría de las personas, incluida yo misma, ya que no tenemos los conocimientos matemáticos para poder adentrarnos en la literatura. No fue hasta el mí tercer año de investigación en el ICFO que empecé a darme

cuenta de la fascinación que experimentan los físicos cuánticos. Más allá de los misteriosos efectos del mundo cuántico que he mencionado antes, esta fascinación se produce por la belleza inherente de las ecuaciones matemáticas que guían su exploración.

Para ser sincera, esta situación me coloca en una posición incómoda. Por una parte, aunque no tengo un título de física —y aparte de mi propia creación de arte cuántico— todavía siento cierta responsabilidad como si fuera una especie de guardiana de las artes cuánticas. No hay que decir que no hay ninguna puerta física ni ningún organismo de ejecución que supervise el arte cuántico. No ocupo ninguna posición de gran poder o influencia en el ámbito académico o en el mundo del arte que me otorgue autoridad para prohibir a nadie la práctica del arte cuántico. Sin embargo, creo que mis palabras y acciones pueden tener peso, simplemente porque soy una artista que también trabaja como investigadora posdoctoral en un instituto de física como el ICFO.

Recientemente, coorganicé el simposio Quantum Sounds en Barcelona, en el cual intenté filtrar cualquier posible interpretación o tergiversación de los profesionales del arte cuántico. Como el simposio tuvo lugar en el ICFO, me sentí responsable de garantizar que la vertiente científica de la creación artística interdisciplinaria entre los ponentes estuviera bien establecida y fundamentada. Aunque todavía me falta mucho para aprender sobre física cuántica, agradezco el inmenso esfuerzo y la meticulosidad con la cual los investigadores llevan a cabo su trabajo. En este contexto, creo firmemente que los artistas tienen que respetar el diligente trabajo de los científicos. Para nosotros es importante reconocer y honrar al rigor científico subyacente a la física cuántica, aunque tengamos una comprensión limitada.

Sin embargo, por el otro lado, choco constantemente con el rechazo de los científicos. Es descorazonador reconocer que la mayoría de los científicos con quienes hablo expresan auténtica sorpresa por el hecho de que músicos como yo tengan un doctorado y que haya revistas de investigación académica y congresos dedicados a la música y las artes. Desgraciadamente, para muchos, la exploración de la intersección entre arte y ciencia a menudo se reduce a una mera comunicación científica o a trabajos de divulgación. Si bien es cierto que el arte ha demostrado ser efectivo en la comunicación científica —sobre todo en instituciones científicas punteras como el CERN, donde el arte y los artistas pueden llegar a un público con el cual las instituciones científicas por sí solas pueden tener dificultades para relacionarse— no tenemos que limitar la participación de los artistas a la investigación científica en el ámbito de la comunicación.

> La disonancia nace de las discrepancias en la comprensión intuitiva entre el mundo clásico y el mundo cuántico. Incluso los mismos físicos cuánticos a menudo se afanan por conciliar estas disparidades

El programa histórico EAT (Experiments in Arts and Technology) de los Nokia-Bell Labs

sirve de ejemplo. Su objetivo era fomentar la colaboración entre artistas, científicos e ingenieros para empujar los límites de la tecnología y la creatividad. El programa se proponía facilitar proyectos interdisciplinarios que fusionaran arte, tecnología e investigación científica, con el fin de impulsar la innovación e inspirar nuevas ideas. Desgraciadamente, el programa fue víctima de la mentalidad empresarial actual orientada a los beneficios y de las luchas económicas a que se enfrentaba la organización. Después de cincuenta y cuatro años, el programa EAT se cerró en el 2021; otra víctima del entorno cada vez más orientado a los beneficios.

No obstante, hay otra perspectiva sobre la reticencia en este campo interdisciplinario. Muchos de mis colegas compositores investigadores creen que reunir física cuántica y música no aporta nada verdaderamente nuevo, y sólo es otra forma de composición algorítmica, un proceso que los compositores han estado explorando desde la antigüedad, incluidas las prácticas de los antiguos griegos. Argumentan que el concepto de utilizar procesos formales con una intervención humana mínima para crear música ya se ha estudiado y aplicado ampliamente.

En resumen, la percepción predominante es que los proyectos de arte y ciencia, incluidos los relacionados con el arte cuántico, se ven principalmente como fuentes de entretenimiento más que como trabajos de investigación serios. Entre los especialistas en música, en particular, se cree que el nuevo territorio para explorar dentro de este ámbito interdisciplinario es limitado. Esta actitud generalizada contribuye a mi malestar en torno al concepto arte cuántico.

Disonancia cuántica

Dicho esto, tengo la fuerte sospecha que la «disonancia cuántica» —como la llamo yo con picardía, porque los físicos utilizan el término de otra manera— tiene un origen más profundo. Esta disonancia nace de las discrepancias en la comprensión intuitiva entre el mundo clásico y el mundo cuántico. Incluso los mismos físicos cuánticos a menudo se afanan por conciliar estas disparidades.

Cuando empecé a interactuar con los investigadores, quedé cautivada por los fascinantes y misteriosos fenómenos de la mecánica cuántica, como ahora el entrelazamiento y la dualidad onda-partícula (que se encuentran entre los más exóticos). Estos fenómenos nos fascinan porque no los experimentamos habitualmente a nuestra vida cotidiana. Obviamente, efectos como la paradoja del gato muerto y vivo al mismo tiempo no se podrían producir nunca en el mundo clásico donde vivimos. Por lo tanto, muchas personas intentan entender intuitivamente estos fenómenos, y también he conocido que dicen que «no creen» en la física cuántica. Incluso para los que sí que «creen», sigue siendo alucinante imaginar que los mismos átomos que componen a nuestro cuerpo se comportan de manera tan diferente en determinadas condiciones (por ejemplo, a temperaturas muy bajas). Es bien claro que hay dos modelos diferentes del mundo, en los cuales no sólo las cosas se comportan de maneras completamente diversas, sino que los conceptos de universo y de tiempo también serían drásticamente diferentes si hacemos caso de las leyes

de la mecánica cuántica.

Una vez hablé con un investigador de física cuántica del ICFO que siempre tenía mucha paciencia y estaba dispuesto a explicar las cosas. Le pregunté cómo tratan los investigadores las discrepancias cognitivas de este tipo. Sonrió y respondió: «Lo que hacemos muchos de nosotros es aquello de 'calla y calcula'».

Aunque esta actitud puede parecer un poco fría, destaca la importancia de centrarse en cálculos matemáticos y predicciones basadas en teorías físicas en lugar de empantanarse en debates filosóficos o metafísicos sobre su significado o interpretación. A medida que los cálculos matemáticos de la mecánica cuántica se hicieron más precisos, muchos físicos adoptaron una actitud de «calla y calcula», argumentando que las predicciones precisas producidas por la teoría eran más importantes que cualquier debate sobre su interpretación.

> Los conceptos de universo y de tiempo serían drásticamente diferentes si hacemos caso de las leyes de la mecánica cuántica

Cuando he intentado hablar de este tema con otros investigadores, a menudo me he encontrado con frustración, cambio de tema o rechazo total. Ha habido excepciones, sin embargo; James Douglas, un físico teórico y coautor de *Quantum Physics for Hippies*, me miró a los ojos y dijo: «Para mí, la única interpretación coherente de los fenómenos cuánticos es la interpretación de los muchos mundos, y esta creencia enmarca como interpreto yo la vida cotidiana».

La interpretación de muchos mundos

La interpretación de muchos mundos (IMM) es una interpretación específica de la mecánica cuántica propuesta por el físico Hugh Everett III en la década de 1950. Según esta interpretación, siempre que se hace una medición o una observación cuántica, el universo se ramifica en múltiples copias, cada una correspondiente a un resultado posible y diferente de esta medida. Dicho en otras palabras, todos los resultados posibles de un acontecimiento cuántico se producen realmente en una rama o «mundo» separados. En la interpretación de los muchos mundos, estas múltiples ramas o mundos coexisten, pero son inaccesibles entre si, es decir, no hay interacción ni comunicación entre ellos. Cada rama representa una realidad diferente con su propio conjunto de acontecimientos y resultados, todos existentes paralelamente.

La interpretación de muchos mundos a menudo es confusa —o bien personas no especialistas la mezclan— con un concepto relacionado pero no idéntico, conocido como la teoría del multiverso. Mientras que la interpretación de muchos mundos es una interpretación específica de la mecánica cuántica, la teoría del multiverso es un marco más amplio que engloba varias propuestas para múltiples universos más allá del nuestro. La

teoría del multiverso es un concepto más expansivo que sugiere la existencia de múltiples universos o una colección de universos paralelos más allá del nuestro. Estos universos podrían diferir en sus leyes físicas, constantes o condiciones iniciales, y conducir potencialmente a realidades diferentes. La teoría del multiverso plantea varias propuestas e hipótesis específicas, como el multiverso burbuja, el multiverso brana y el multiverso del paisaje.

En la cultura popular, estos conceptos han inspirado numerosos creadores de ciencia-ficción, como Terry Pratchett y Stephen Baxter en su novela *The Long Earth* y Stephen King a su serie de fantasía épica *The Dark Tower*. El éxito de la reciente película *Everything Everywhere All at Once* fue debido a explorar las posibilidades que ofrecen estos conceptos. La literatura, el cine y la televisión los han explorado ampliamente, y a menudo han presentado escenarios imaginativos que provocan la reflexión.

Independientemente de si en estas obras los conceptos de multiverso y la interpretación de muchos mundos se presentan correctamente o no, los planteamientos de estas dos teorías pueden parecer un disparate. Pero estas ideas han ganado fuerza entre físicos y cosmólogos como posible explicación de algunos de los misterios del universo; por ejemplo, el fino ajuste de las constantes físicas y la aparente falta de simetría en la radiación de fondo de microondas. Con todo, la existencia de múltiples universos sigue siendo un tema de debate e investigación activa dentro de la comunidad científica.

> La literatura, el cine y la televisión han explorado ampliamente la interpretación de muchos mundos la teoria del multiverso, y a menudo han presentado escenarios imaginativos que provocan la reflexión

¿Pero si el doctor Douglas cree que existen muchas versiones de él en universos paralelos, no serían sus experiencias cotidianas completamente diferentes de las de la mayoría de nosotros, como mínimo? ¿El conocimiento de muchos otros yos no lo haría sentir incómodo? ¿No influiría en las decisiones que toma en su vida diaria? ¿Y qué pasa con la muerte? ¿Con tantas versiones de él mismo, la muerte tiene algún significado para él? ¿Si experimenta consecuencias desfavorables, le ofrece consuelo el conocimiento de un universo paralelo en el cual tomó diferentes opciones? ¿Cómo ve el doctor Douglas a las otras personas que no comparten su creencia en la teoría del multiverso? ¿Los considera menos ilustrados cuando ve a la gente enfrentándose a decisiones difíciles?

Fenómenos cuánticos a través del sonido

Desde hace un tiempo, el físico teórico sénior del ICFO Maciej Lewenstein y yo hemos colaborado en proyectos de investigación interdisciplinarios que tienen como objetivo transmitir varios fenómenos cuánticos de una manera intuitiva a través del sonido. Aunque

el sonido en sí es un fenómeno clásico que puede ser escuchado por el oído humano, encontramos intrigante la conexión entre sonidos y conceptos como el espacio y el efímero, especialmente en relación con determinados fenómenos de la física cuántica. Un área que nos interesa especialmente es la posibilidad de fusionar la aleatoriedad cuántica con la composición musical. Este interés común surge de la amplia experiencia de Lewenstein en aleatoriedad cuántica y mi fascinación, que viene de lejos, por el uso de la imperfección y la aleatoriedad en la composición musical.

Los compositores modernos han explorado ampliamente la incorporación de la aleatoriedad en la composición musical mediante métodos como las operaciones azarosas, los generadores de números aleatorios y la composición asistida por ordenador. No obstante, los tipos de aleatoriedad utilizados han sido en gran parte de naturaleza aparente o determinista. Nuestro trabajo actual se centra en el uso de la aleatoriedad cuántica para manipular el espectro de frecuencia de Fourier de los parámetros del sonido, que pueden descubrir patrones de cambios tímbricos. La aleatoriedad cuántica perfecta evitaría patrones discernibles, mientras que la aleatoriedad clásica eventualmente revelaría algunos, o, cuando menos, eso es el que pretendemos determinar.

Fundamentalmente, nuestro proyecto es un intento de adquirir una comprensión intuitiva y aceptar el mundo cuántico, de la misma manera que físicos como Douglas presumiblemente perciben cosas mediante sus cálculos y conocimientos. Douglas y otros que comparten sus opiniones (como David Deutsch, Sean Carroll y David Wallace) sobre la interpretación de muchos mundos parecen estar en minoría entre los físicos cuánticos. La mayoría de los físicos, sabiéndolo o sin saberlo, se adhieren al enfoque del «calla y calcula». Eso pone de manifiesto la complejidad de entender los conceptos generales de la física cuántica y las dificultades que comporta conciliar nuestra comprensión intuitiva del mundo cuántico. Tanto si tiene que ver con la interpretación de muchos mundos como si no, mi objetivo es reconciliar personalmente ambos mundos, de manera que mi comprensión sea intuitiva. Aunque alcanzar este objetivo pueda parecer complicado, seguiré explorando el uso del sonido como herramienta en mi tarea. Tecnólogos musicales y artistas como Eduardo Miranda y Spencer Topel han estado investigando activamente la intersección de la física cuántica y la música. Los dos profundizan en áreas como la música cuántica por ordenador y los osciladores cuánticos, entre otras vías intrigantes. Estos curiosos artistas-investigadores son sólo dos de las numerosas personas que exploran la interfaz entre la física cuántica y la música.

Defender la investigación interdisciplinaria más allá del impacto económico

A los que cuestionan el impacto económico de campos interdisciplinarios como este, a menudo me encuentro pronunciándoles un discurso parecido al que se suele hacer en defensa de la investigación fundamental en ciencia. Aunque pueda parecer arrogante, es la respuesta más sincera que puedo ofrecer actualmente. En el documental *Locos por las partículas*, un economista del público planteó una pregunta al físico David Kaplan sobre los beneficios económicos de llevar a cabo las costosas colisiones iniciales protón- protón en el

Gran Col·lisionador d'Hadrons en el 2008 y los posibles descubrimientos que se tenían que hacer. Kaplan respondió orgulloso: «No tengo ni idea», y siguió diciendo: «Cuando se descubrieron ondas de radio, no se llamaron ondas de radio porque no había radios. Al principio se descubrieron como una forma de radiación. La ciencia básica necesaria para los descubrimientos innovadores a menudo requiere no centrarse únicamente en los beneficios económicos. Lo que hay que hacer es preguntarnos sobre lo que no sabemos y por donde podemos avanzar».

Es posible que la fuente de mi incomodidad con respecto al término *arte cuántico* sea debida principalmente a las implicaciones económicas que comporta. En el fondo, deseo que todo el mundo quede cautivado por su sentido inherente de misterio, que engloba todos los esfuerzos infructuosos por fusionar dos campos diferentes y descubrir las posibilidades minúsculas donde se entrecruzan, en lugar de centrarme en resultados obvios medidos por la fama, los grandes descubrimientos, premios de arte y ganancias económicas. En resumen, el término parece que da más importancia a los resultados que al proceso, de manera que se da un valor desproporcionado al resultado final y se eclipsa la importancia del proceso creativo.

Personalmente, creo que tanto la creación artística como la investigación científica requieren una inversión en el proceso en sí, incluso cuando eso comporta pérdidas económicas y no hace una contribución directa a una finalidad mayor. Esta convicción nace del reconocimiento del inmenso valor inherente a los actos de investigación y creación impulsados por la curiosidad y la pasión auténticas. Estos esfuerzos trascienden el mero beneficio económico o el reconocimiento institucional. No obstante, el término *arte cuántico* de alguna manera, sirve como recordatorio que mi visión romántica quizás no es compartida universalmente, y esta constatación quizás explica mi disonancia cuántica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bacciagaluppi, Guido; Valentini, Antony (2009). *Quantum theory at the crossroads: reconsidering the 1927 Solvay conference*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

- DeWitt, Bryce Seligman; Graham, Neill (eds.) (1973). *The many-worlds interpretation of quantum mechanics* (vol. 61). Princeton University Press.

- Neumeier, Lukas; Douglas, James (2019). *Quantum Physics for Hippies*. [Publicación independiente].



Reiko Yamada

Reiko Yamada es una compositora y artista sonora nacida en Hiroshima, Japón. Doctora en Composición Musical por la Universidad McGill, ha recibido numerosos premios y becas de prestigio. Fue becaria en el Instituto de Estudios Avanzados Radcliffe de la Universidad de Harvard, artista residente en el Instituto de Música Electrónica y Acústica (IEM) de la Universidad de Música y Artes Escénicas de Graz, en Austria, *innovator-in-residence* en el Colorado College y artista residente del programa europeo S+T+ARTS. Sus proyectos han sido encargados o financiados por New Music USA, el Consejo de las Artes de Canadá, el Instituto de Investigación y Coordinación Acústica/Música (IRCAM), el Centro Interdisciplinario de Investigación en Música, Multimedia y Tecnología (CIRMMT), el Consejo de las Artes y las Letras de Quebec, la compañía Armitage Gone! Dance, el Centro de Investigación sobre el Órgano de la Universidad de Música y Artes Escénicas de Graz y la Comisión Europea, entre otros. Sus obras se han presentado en salas como el Metropolitan Museum Breuer (Nueva York) y el festival Sónar. Actualmente es investigadora postdoctoral en el Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO).