



C  
U  
Á  
N  
T  
I  
C  
A

TU FUTURO EN JUEGO

JOSÉ IGNACIO LATORRE

 *Ariel*

# Índice

Portada

Dedicatoria

La ciudad de Cuántica

Prólogo

1. Las leyes cuánticas

POSTULADO I

POSTULADO II

POSTULADO III

POSTULADO IV

2. La primera revolución cuántica

3. La segunda revolución cuántica

4. Mi futuro cuántico

5. La gran duda

Apéndices

Verdades cuánticas

Matemáticas cuánticas

Agradecimientos

Créditos

Gracias por adquirir este eBook

Visita [Planetadelibros.com](http://Planetadelibros.com) y descubre una nueva forma de disfrutar de la lectura

---

**¡Regístrate y accede a contenidos exclusivos!**

Primeros capítulos  
Fragmentos de próximas publicaciones  
Clubs de lectura con los autores  
Concursos, sorteos y promociones  
Participa en presentaciones de libros

---

Comparte tu opinión en la ficha del libro  
y en nuestras redes sociales:



Explora

Descubre

Comparte

*A mis padres*

*A la memoria de Pedro Pascual*

## La ciudad de Cuántica

En su **bellísimo libro** *Las ciudades invisibles*, Italo Calvino imagina ciudades con nombre de mujer que Marco Polo describe a Kublai Kan, rey de los tártaros. En Zora, todos sus habitantes recuerdan cada callejuela y cada edificio con fidelidad perfecta. En Ersilia, las relaciones humanas se materializan en hilos de colores que saturan la ciudad y hacen imposible vivir en ella. A varias leguas de camino, la ciudad de Leonia se rehace a sí misma todos los días.

Tras saber de muchas urbes, Kublai Kan decide que será él quien imagine nuevas ciudades y pide a Marco Polo que las encuentre, las visite y, a su retorno, se las describa con mayor detalle. Marco Polo utiliza un truco para recordar cada uno de sus descubrimientos: en su mente toma una ciudad ideal y narra las diferencias entre esta y el lugar que viene de conocer. Esa ciudad ideal es Venecia.

Es tentador pensar que Calvino habría querido incluir la ciudad de Cuántica en su relato. Marco Polo nos diría que en las calles de Cuántica aparecen abismos que no presentan peligro alguno para sus habitantes. Sus casas y sus calles mutan en cada visita. De hecho, la aleatoriedad constituye la ley que rige en Cuántica. Muchos sabios han debatido

largamente sobre el gran arquetipo que tal vez subyazca bajo el amagado azar de sus construcciones, sin lograr un consenso unánime. A pesar de dudar del significado de sus fundamentos, los arquitectos de Cuántica siguen levantando magníficos edificios que desafían al sentido común.

A los ojos del visitante, la ciudad de Cuántica está protegida por muros altos. Con satisfacción, el visitante descubre que la muralla se penetra con un pequeño esfuerzo, al precio de olvidar el sentido del tiempo. La lógica que el visitante ha acumulado a lo largo de sus viajes anteriores no es útil en Cuántica, donde casi todo es posible, donde el prejuicio no tiene cabida.

En el imaginario de las ciudades sutiles, Cuántica se fija de forma perenne en la memoria del viajero. Las disputas intelectuales de sus ágoras despiertan la imaginación, el afán de saber y la admiración.

Sean bienvenidos a la ciudad de Cuántica.

## Prólogo

### **Vivimos en un mundo cuántico.**

Las elegantes leyes de la mecánica cuántica describen el comportamiento físico de nuestros átomos, que se transforma en química, y esta en biología. Todos nos resistimos a aceptar que nuestro mundo diario pueda reducirse a ecuaciones, pero ya hemos recorrido una parte de ese camino, el de aceptar que nuestra realidad pueda ser descrita por la ciencia. Atisbamos también que hay una dirección lógica que nos lleva de lo más pequeño a lo más grande. Si comprendemos las leyes básicas, tal vez podamos comprender la complejidad del universo. En ese tránsito, la mecánica cuántica nos ha cautivado con su tremendo poder, casi mágico, para crear tecnologías que nadie supo vislumbrar en el pasado.

En este siglo XXI, los humanos nos relacionamos usando herramientas que ahora nos parecen imprescindibles y que nos superan. ¿Podríamos vivir sin enviar mensajes, sin utilizar teléfonos inteligentes, sin ver imágenes que transmitimos a la velocidad de la luz, sin escuchar un sinfín de música almacenada en memorias microscópicas? Toda la tecnología, todos los elementos que sirven de base a la vida de

plantas y animales, incluso el calor que emana del Sol, todo tiene un origen cuántico. Sin embargo, comprender la mecánica cuántica es una tarea que la sociedad ha reservado a una minoría de científicos. ¿Por qué? Hay varias razones. Una de ellas es que la mecánica cuántica requiere utilizar unas matemáticas que no son sencillas. Es una pena. Intentemos imaginar lo que sería la música si solo la pudieran escuchar aquellos que saben leer complicadas partituras. Ahí estaría la sinfonía *Coral* de Beethoven, la novena, sublime e inasequible para todos los que no supieran leer simultáneamente los pentagramas de los violines, de las violas, de los cellos, de los oboes, de todos los instrumentos y cantantes. Afortunadamente para muchos de nosotros, la música no requiere de sesudos conocimientos de solfeo para ser escuchada y disfrutada. La música puede ser compartida, discutida, reinterpretada. Incluso cualquier persona con sentido musical puede tocar un instrumento y sumarse a una *jam session*. La música es uno de los mayores placeres de los sentidos, sin barrera intelectual alguna.

En clara contraposición a la música, tenemos a la mecánica cuántica. Castigada de cara a la pared. Está apartada, aislada, olvidada, casi repudiada. Ella da comodidad a nuestra vida. Utilizamos sus láseres, sus resonancias magnéticas, sus chips de ordenadores, pero no queremos saber en qué ideas se fundamenta la mecánica cuántica porque se nos antoja que el esfuerzo para comprenderlas debe de ser enorme. Pero en un rincón de nuestro cerebro queda la duda. ¿Qué es la mecánica cuántica? ¿Qué principios sigue? ¿Es una teoría incontestable? ¿Es una serie de reglas matemáticas? ¿Es un misterio que la humanidad está empezando a desvelar o es un saber cerrado, bien establecido?



Esta paradoja se acrecienta cuando aquellas personas que se inician en la mecánica cuántica descubren su profundo contenido filosófico. Es toda una sorpresa. La mecánica cuántica no solo sirve para crear nueva tecnología, sino que nos fuerza a abandonar todos nuestros prejuicios. ¿Qué significa conocer? ¿Qué significa saber, mirar, interpretar? ¿Es el mundo predecible? ¿Es posible describir de forma exacta el futuro? ¿Hay azar? ¿Existe el libre albedrío? ¿Qué es la Realidad, con mayúscula? Lejos de ser una teoría fría, rígida y conceptualmente inapelable, la mecánica cuántica es campo de batalla para discusiones filosóficas profundas.

La mecánica cuántica tiene paciencia. Ella espera a que cada uno de nosotros se sienta atraído por las grandes preguntas. Cuando el momento llega, el diálogo se establece. Sin prisa, los conceptos cuánticos penetran en la mente para no irse jamás.

## ¿Para qué?

¿Para qué sirve la mecánica cuántica?

Saber el para qué es consustancial a la naturaleza humana.

¿Para qué sirve estudiar arquitectura? Parece fácil responder a esta pregunta: la arquitectura sirve para construir edificios. Todos entendemos que necesitamos casas, organizadas en ciudades que deben estar bien conectadas. Estudiar arquitectura, urbanismo o ingeniería de puentes y caminos es claramente útil. En cambio, si alguien dice que quiere estudiar griego, sufrirá la sentencia pública: «Eso no sirve para nada». No sirve estudiar griego, ni arameo, ni un batallón de titulaciones de reputada inutilidad laboral. Esa es la

opinión dominante. Muchas personas creen firmemente que en la vida solo tiene sentido dedicarse a actividades útiles y, preferiblemente, de inmediata recompensa monetaria. Otras personas, entre las que me encuentro, opinamos de forma diferente.

Para iniciar mi refutación al criterio de utilidad comercial inmediata debo aceptar que la mecánica cuántica es para mucha gente un tema desconcertante porque tiene un estatus muy especial. Se podría decir que toda la ciencia abstracta se halla en un limbo indefinido del «¿para qué?». ¿Para qué sirve la mecánica cuántica? Creemos adivinar que sí debe ser útil, dado que todos los países avanzados tienen centros de investigación dedicados a ese tema. También aceptamos que nuestra tecnología debe venir de algún hallazgo científico, tal vez cuántico. Pero insistimos en nuestro orden de prioridades: antes de saber *qué es* o *qué dice* la mecánica cuántica, nos preguntamos *para qué sirve*. Si la mecánica cuántica es realmente útil, podría valer la pena hacer un esfuerzo para comprenderla.

La mecánica cuántica sí es útil. Una prueba de ello está en nuestro bolsillo: nuestro teléfono. Los chips que se hallan en su interior están formados por transistores basados en principios de mecánica cuántica. Son el corazón del teléfono. Además, fueron impresos con luz láser. Un láser es un haz de partículas de luz que mantienen la coherencia cuántica entre ellas. Usamos la mecánica cuántica como instrumento, y como objeto creado por el instrumento. Es ubicua.

La utilidad cuántica no se reduce a los teléfonos. Valgan unos pocos ejemplos más. Nos comunicamos con luz láser en fibras ópticas. Utilizamos resonancias magnéticas para

indagar el interior del cuerpo humano, resonancias que aprovechan nuestro control sobre los espines cuánticos de los núcleos de los átomos. Tomamos tomografías basadas en la aniquilación cuántica de electrones y positrones. Empleamos luces de diodos cuánticos para ahorrar energía. Ingeniamos todo tipo de aplicaciones del magnetismo intrínseco de las partículas más elementales. Dominamos estos procesos y muchísimos más porque están regidos por leyes cuánticas que hemos descubierto. Lo sepamos o no —nos guste o no—, la mecánica cuántica sustenta una parte enorme del producto interior bruto de nuestro país.

Es obviamente lícito preguntar para qué sirve la mecánica cuántica y, como intuimos, la respuesta es tan extensa como abrumadora.

## **En defensa de lo inútil**

Quisiera fijar totalmente mi posición frente a la cuestión de la utilidad inmediata de toda actividad humana. Es un tema que vale la pena discutir. Olvidemos por un momento la mecánica cuántica y hagamos la misma pregunta con respecto a otras inquietudes que ha desarrollado la especie humana.

¿Tiene sentido preguntarse para qué sirve la música?

¿Debe tener un objetivo útil recordar nuestra historia, memorizar la geografía de un país o recitar poesía?

¿Todo debe ser útil?

La historia de la humanidad parece decirnos exactamente lo contrario. El hombre ha construido armas terribles para defender su país, que está hecho de valores intangibles como su lengua, su arte, sus costumbres. Muchos han sacrificado su vida por idearios inútiles. Incluso se puede argumentar que todo pueblo guerrero que derrota a una nación culta es finalmente colonizado por esta. A pesar de siglos de invasiones, Grecia pervive entre nosotros porque lo que de verdad nos importa es lo inútil, lo abstracto, lo profundo, lo absoluto.

Decía el gran matemático G. H. Hardy en su *Apología de un matemático* que Arquímedes será recordado eternamente, incluso por encima de Esquilo. Sin duda le recordaremos por encima de los generales griegos que ganaron batallas y cuyos laureles hemos olvidado. De hecho, nadie recuerda el nombre del soldado griego que asesinó a Arquímedes. Hardy insiste: si existe una forma de reclamar fama eterna, crear matemáticas es la mejor apuesta que una persona puede hacer. Las matemáticas hallan relaciones absolutas, exactas, y, por lo tanto, nos dan certezas eternas. Poco importa que sean útiles o inútiles: son imperecederas. Y no menos impresionante es la pervivencia de la música. Tarareamos una melodía de Vivaldi, pero hemos olvidado las disputas políticas de su tiempo.

Lo inútil aplasta poco a poco, pero sin pausa, a lo meramente útil.

Personalmente, creo que el éxito a largo plazo de lo inútil tiene al menos dos motivos claros. En primer lugar, lo inútil está profundamente ligado a la creatividad. Un niño que juega solo es un portento de creatividad. Su cerebro necesita explorar, probar, tantear, componer, crear algo donde

no había nada. No hay un fin bien definido en el acto de jugar. Hay descubrimiento, hay sorpresa. Nos adentramos en lo inútil porque nos aporta sorpresa. Nuestro cerebro adora descubrir. La inutilidad sirve a la creatividad.

Una segunda razón del éxito de lo inútil es que proporciona una imparable adquisición de nuevo conocimiento. El ventajoso bagaje intelectual que aporta lo inútil es ulteriormente responsable del verdadero cambio social.

El primer conde de Balfour, Arthur James, dejó escrito un párrafo notable en su libro *Decadence*:

La ciencia ha sido uno de los mayores instrumentos de transformación social, pues aunque su objetivo no es el cambio mismo, sino el conocimiento, la silenciosa apropiación de este cometido dominante, en medio del estrépito de las disputas religiosas y políticas, es la revolución que con mayor resonancia ha marcado el desarrollo de la civilización moderna.

Adoro la idea de que la silenciosa apropiación del conocimiento, en medio del estrépito de las disputas religiosas y políticas, es la revolución más profunda que sufre nuestra civilización. De esta reflexión emerge un consejo para los jóvenes estudiantes: olvidad el estrépito de la información y focalizaos en el conocimiento.

## Belleza de una ecuación

Los científicos que trabajan en mecánica cuántica hablan con frecuencia de la belleza de esta teoría. A muchas personas les resulta paradójico ver cómo mentes ordenadas recurren a ideas de belleza para hallar una explicación final a sus hallazgos. Se diría que sin belleza no sabemos

avanzar. Ella es nuestra guía, una musa para nuestras ecuaciones.

El premio Nobel Steven Weinberg, famoso por su magnífico relato de *Los tres primeros minutos del universo*, intentó describir qué significa «belleza» en el mundo de las ecuaciones. Weinberg compara el arte de hacer ciencia al de criar caballos. ¿Qué significa decir que un caballo es hermoso? No es obvio explicarlo para una persona ajena al mundo de la equitación. Sin embargo, un criador de caballos ve inmediatamente las proporciones armoniosas de su anatomía. Un profesional es capaz de apreciar la grupa de un caballo andaluz, su musculatura, su trote. Aunque no sepa definirlo con precisión, un criador de caballos sabe cuándo tiene frente a sí un magnífico ejemplar. De la misma manera —argumenta Weinberg—, los científicos perciben la belleza de una ecuación. Son expertos. Saben ver cómo una ecuación es capaz de explicar algo sencillo o algo profundo. Ven la armonía, la simetría, la sencillez de unos pocos símbolos que predicen innumerables fenómenos.

Para algunos científicos, la armonía de una ecuación es su única justificación. Decía Paul Adrien Maurice Dirac que más vale una ecuación bella que una ecuación cierta. Fue más lejos: Dios empleó matemáticas bellas para crear el mundo.

Hay ecuaciones bellísimas. Es un consenso entre los científicos.

## Simplicidad y simetría

También Albert Einstein creía firmemente en la belleza y simplicidad de toda teoría cierta. Es difícil argumentar qué significa «simplicidad» en el mundo de las ecuaciones.

Cuando se estudian las ecuaciones de la *teoría de la relatividad general* de Einstein, se percibe de inmediato un sentido de simplicidad. Todos los fenómenos gravitatorios pueden ser descritos por una única ecuación. Las mismas ecuaciones describen cómo cae una manzana en la cabeza de Newton, cómo gira la Luna en torno a la Tierra y cómo se desvían los rayos de luz que pasan cerca de grandes galaxias. Además, las ecuaciones de la relatividad general se deducen a partir de un principio de simetría. ¿Qué significa «un principio de simetría»? Simetría es la propiedad de que una ley física no dependa de ciertas variaciones en la forma en que la observamos.

La simetría habla de universalidad. Basamos nuestras leyes en principios de simetría, en un principio de armonía, de simplicidad. La ciencia más profunda es estética en estado puro.

## Una catedral intelectual

Muchas construcciones abstractas hechas por los humanos son impresionantes. Tenemos la insondable teoría de números como ejemplo de proeza intelectual hecha colectivamente por generaciones de matemáticos. O tenemos arias de Bach donde cada nota parece ser exacta, insustituible. Al elogiar la mecánica cuántica, la teoría de números o un aria de Bach en términos grandilocuentes no deseamos menospreciar los méritos de otras construcciones humanas.