

Investigaciones en complejidad y salud

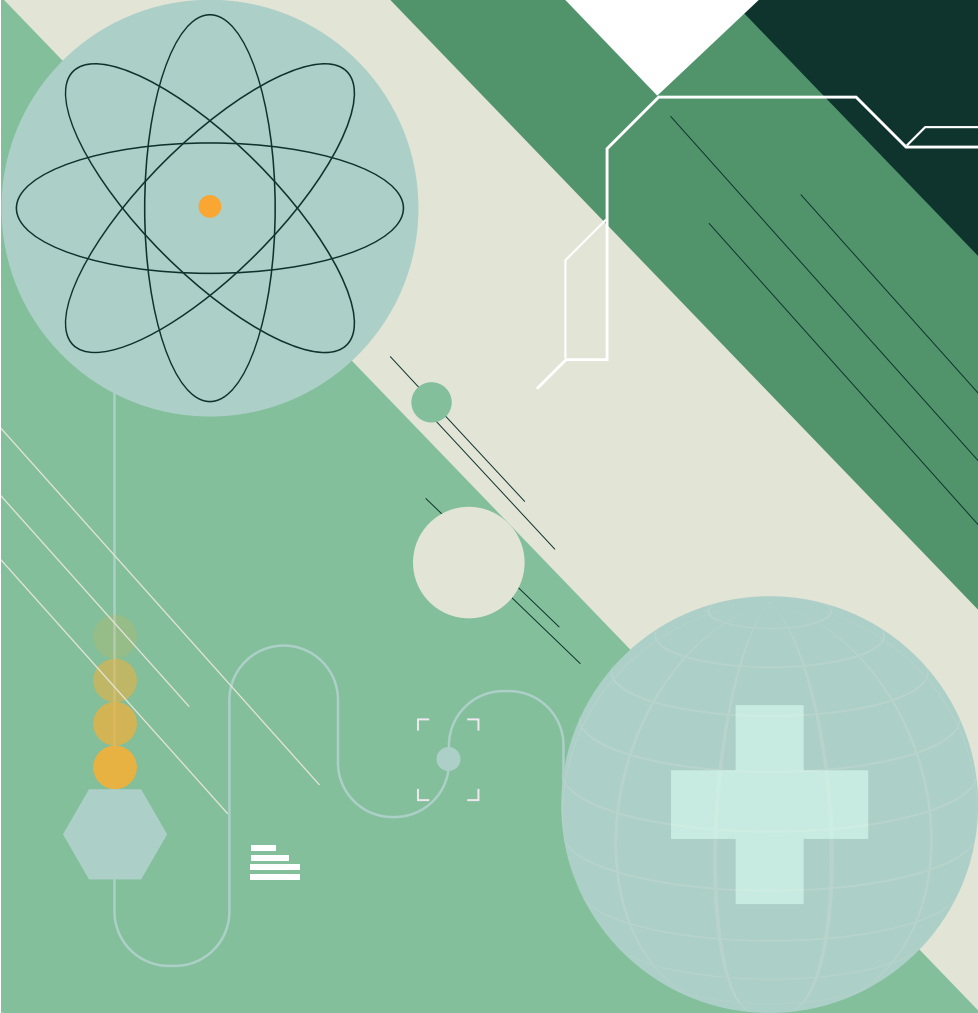
Facultad de Medicina

Grupo de Investigación Complejidad y Salud Pública

n.º 14

Año 3
noviembre-diciembre 2021
ISSN: 2665-1564

Una mirada a la biología
cuántica con un interés
en la salud



Carlos Eduardo Maldonado ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9262-8879>

Hugo Cárdenas López ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2777-2997>

Jorge Sandoval París ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3350-1795>

Luis Alejandro Gómez Barrera ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4054-9527>

Chantal Aristizábal Tobler ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-0628>

Daniela Arango Ruda ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7855-4060>

Santiago Galvis Villamizar ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2015-7107>

Eduardo Villar Concha ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5005-4099>

Wilson Parra Chica ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5916-7014>

María Carolina Martínez R. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9843-4373>

Ana Camila García ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6370-6906>

Año 3, n.º 14, noviembre-diciembre 2021 | ISSN: 2665-1564

Investigaciones en complejidad y salud

Facultad de Medicina

Grupo de Investigación en Complejidad y Salud Pública

n.º 14

Una mirada a la biología cuántica con un interés en la salud

Carlos Eduardo Maldonado
Hugo Cárdenas López
Jorge Sandoval Paris
Luis Alejandro Gómez Barrera
Chantal Aristizábal Tobler
Daniela Arango Ruda

Santiago Galvis Villamizar
Eduardo Villar Concha
Wilson Andrés Parra Chico
María Carolina Martínez R.
Ana Camila García

© Universidad El Bosque

© Editorial Universidad El Bosque

© Carlos Eduardo Maldonado

© Hugo Cárdenas López

© Jorge Sandoval París

© Luis Alejandro Gómez Barrera

© Chantal Aristizábal Tobler

© Daniela Arango Ruda

© Santiago Galvis Villamizar

© Eduardo Villar Concha

© Wilson Parra Chica

© María Carolina Martínez R.

© Ana Camila García

Rectora: María Clara Rangel Galvis

Vicerrector de Investigaciones: Gustavo Silva Carrero

Editor Universidad El Bosque: Miller Alejandro Gallego C.

Hecho en Bogotá D. C., Colombia

Vicerrectoría de Investigaciones

Editorial Universidad El Bosque

Av. Cra 9 n.º 131A-02, Bloque A, 6.º piso

(601) 648 9000, ext. 1395

editorial@unbosque.edu.co

www.investigaciones.unbosque.edu.co/editorial

Coordinación editorial y corrección de estilo:

Dayan Garzón Martínez

Dirección gráfica y diseño: María Camila Prieto A.

Octubre de 2021

Bogotá, Colombia



Universidad El Bosque | Vigilada Mineducación. Reconocimiento como universidad: Resolución n.º 327 del 5 de febrero de 1997, MEN. Reconocimiento de personería jurídica: Resolución 11153 del 4 de agosto de 1978, MEN. Reacreditación institucional de alta calidad: Resolución n.º 013172 del 17 de julio 2020, MEN.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en su todo ni en sus partes, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la Editorial Universidad El Bosque.

572.36 M15m

Maldonado Castañeda, Carlos Eduardo

Una mirada a la biología cuántica con un interés: en la salud / Carlos Eduardo Maldonado, Hugo Cárdenas López, Jorge Sandoval París, Luis Alejandro Gómez Barrera, Chantal Aristizábal Tobler, Daniela Arango Ruda, Santiago Galvis Villamizar, Eduardo Villar Concha, Wilson Andrés Parra Chica, María Carolina Martínez R., Ana Camila García -- Bogotá: Universidad El Bosque, 2022

82 p. : fotografías ; 14,5 x 21 cm (Investigaciones en complejidad y salud, 2665-1564; n.º 14)
Incluye tabla de contenido y referencias bibliográficas.

1. Complejidad (Filosofía) 2. Biología cuántica 3. Bioquímica 4. Homeostasis 5. Epigenómica I. Cárdenas López, Hugo II. Sandoval París, Jorge III. Gómez Barrera, Luis Alejandro IV. Aristizábal Tobler, Chantal V. Arango Ruda, Daniela VI. Galvis Villamizar, Santiago VII. Villar Concha, Eduardo VIII. Parra Chica, Wilson Andrés IX. Martínez R., María Carolina X. García, Ana Camila XI. Universidad El Bosque. Vicerrectoría de Investigaciones.

Fuente. SCDD 23ª ed. – Universidad El Bosque. Biblioteca Juan Roa Vásquez (Mayo de 2022) - RR

Contenido

	Introducción	Pág. 6
1	La vida: el triunfo de los sentidos cuánticos	Pág. 12
2	Evolución: desde los genes saltarines hasta los saltos cuánticos	Pág. 20
3	El fenómeno de la conciencia en el mundo cuántico	Pág. 26
4	Mentes cuánticas: contra la comprensión lineal de la acción humana	Pág. 38
5	¿Cómo empezó la vida?	Pág. 46
6	La acción enzimática: modelando y remodelando la vida	Pág. 46
7	Homeostasis cuántica: un término clásico en el límite de una tempestad cuántica	Pág. 46
	7.1. La navegación como ilustración de la vida	Pág. 46
	7.2. Homeostasis cuántica	Pág. 46
	7.3. Biología cuántica al borde del vitalismo cuántico	Pág. 46
	Bibliografía	Pág. 56

Introducción

Quizás la mejor puerta de acceso de la medicina y las ciencias de la salud a la teoría cuántica sea la biología cuántica. Esta se articula en cinco ejes, que están referidos en orden cronológico, y son: la física cuántica, la química cuántica, las tecnologías basadas en principios y comportamientos cuánticos, la biología cuántica y las ciencias sociales cuánticas.

Hasta la fecha, la medicina y las ciencias de la salud son precuánticas, al igual que las ciencias sociales y humanas. Si les va bien, en el mejor de los casos, las ciencias de la salud llegarían a comprenderse como relativistas, en el sentido de la teoría general de la relatividad. Una situación semejante se aprecia, sin ninguna dificultad, en la medicina del dolor y la semiótica (o semiología) de la enfermedad.

Es imperativo que en las ciencias de la salud (medicina, odontología, optometría, oftalmología, etc.) prioricen el aprendizaje de la teoría cuántica y lo introduzcan en sus investigaciones y sus praxis. Conviene subrayar que es un asunto oneroso, debido a que estas recogen un conjunto de comprensiones o ideas concebidas durante el primer tercio del siglo xx. Por lo demás, lo hacen con el firme propósito de darle una explicación a fenómenos o procesos cuyo entendimiento se hallaba en conflicto con otras áreas del saber.

No existe ninguna otra teoría en la historia de la ciencia que haya sido tan testeada y falseada como la mecánica cuántica. Pues bien, las ciencias de la salud tienen un papel tan determinante que de ellas depende directamente, aunque no de manera exclusiva o excluyente, la salud, las esperanzas y las expectativas de vida. No poca cosa, en verdad. Estas disciplinas pueden y deben aprender acerca de la mecánica cuántica.

No obstante, la introducción de la teoría cuántica en las ciencias de la salud solo es posible mediante la biología cuántica. Este aspecto es aún desconocido para los países

de habla hispana y, por esto, será desarrollado en los siguientes apartados.

En este punto es importante mencionar que el estudio de los efectos cuánticos en los sistemas vivos ha permitido que se lleven a cabo análisis. Sus resultados han ampliado de manera considerable los conocimientos referentes con el papel de los genes en los organismos vivos, la naturaleza de la conciencia y la homeostasis. Por otra parte, los estudios tienen una característica en común y es que los investigadores tienden a pensar sin cesar en la salud y, por ende, en la enfermedad. Sin embargo, no la consideran, explícita o implícitamente, como la expresión más destacada de la vida.

La cuántica ha demostrado que la existencia es coherente, pues en su interior pueden distinguirse varios niveles de complejidad o de organización (nivel atómico, molecular, celular, tejidos, órganos, sistemas y aparatos). Este orden solo se ve alterado cuando aparece una enfermedad más o menos grave.

La muerte es, al fin y al cabo, el triunfo del mundo clásico sobre el mundo cuántico. No obstante, se trata solo de una transición. El primer principio de la termodinámica, que expresa el principio de conservación de la vida, también afirma que la información, al igual que la energía, no se crea ni se destruye, es decir, solo se transforma.

De lo anterior puede inferirse que las teorías fundamentadas en la tradición son de rango medio cuando se las compara con el rigor, la solidez y la capacidad predictiva de la cuántica. Además, este es uno de los tantos aspectos por los cuales es necesario complejizar de una vez por todas a las ciencias de la salud, aunque sería ideal que ocurriera en el sentido de la cuántica. Sin embargo, es más importante aún aprender de biología cuántica, pese a la existencia de habladurías, tales como: la sanación cuántica, entre otras.

Por otra parte, las ideas que articulan y componen este documento de investigación son producto de discu-

siones llevadas a cabo por los miembros del seminario de investigación. El profesor a cargo estructuró esta clase a partir de las técnicas e instrumentos del Seminario Alemán.

El Seminario Alemán, como práctica pedagógica, es un medio de comunicación, una reunión de personas que se encuentran para conversar sobre un tema específico y desean compartir los logros, aciertos y desaciertos encontrados en el camino de la investigación, motivo del encuentro. Todo investigar es un permanente descubrir. (como se citó en Puentes, 2010)

El diálogo entre las personas que conforman la comunidad académica es una práctica vital cuando la meta es la ciencia, la transmisión y la producción de conocimiento. Este medio de comunicación debe estar presente en la praxis docente porque es un recurso potente en el proceso de aprendizaje e investigación¹.

Esta observación también se relaciona con la necesidad de hacer posible un diálogo entre las ciencias de la salud y la biología cuántica. Las razones para ocasionarlo no son menores, puesto que las ciencias de la salud son las responsables de garantizarle a los seres humanos una vida de calidad a través de la prevención, el tratamiento y la erradicación de enfermedades. Pues bien, estas tienen como meta la comprensión de los procesos vitales.

Vale la pena recordar que los seres humanos forman parte de una especie con ciclos cortos de vida; sin embargo, la historia de los *Homo sapiens* es singular porque tienen

¹ En *The Singularity of nature. Progress in Biophysics and Molecular*, Torday plantea, de forma tácita, que la investigación es una forma de vida.

una de más. Pues bien, las conquistas, por así decirlo, desde la noche de los tiempos hasta hoy, fueron el resultado de una lucha, denodada y sin cuartel contra la enfermedad. ¿Qué pasaría si sus actitudes y sus pensamientos no fueran belicista, militarista y guerrerista, sino armónicos, aventajados y polifónicos? Tal es el horizonte que emerge ante la mirada sensible, atenta y amante de la vida. El resultado de estas consideraciones es el optimismo.

En definitiva, la inmersión de la teoría cuántica en las ciencias de la salud permite: primero, superar la visión estática y descriptiva de los fenómenos biológicos; segundo, ampliar de manera considerable los conocimientos acerca de los seres vivos en sus diferentes niveles de organización, sus relaciones intraespecíficas, interespecíficas y con el ambiente y tercero, hacer un análisis más profundo sobre los procesos fisiológicos y las vías metabólicas que componen el organismo. Entre el abanico de ejes de la cuántica (física, química, biología, tecnología y ciencias sociales) la biología es la más inmediata y accesible.

1.

**La vida: el triunfo
de los sentidos cuánticos**

Seth Lloyd es, sin duda, uno de los más grandes gurús de la información y de la computación cuántica. En su libro *Programando el universo*, cuenta que comenzó su conferencia *It from bit* con una manzana en la mano y luego, le dijo al público: “En el comienzo fue el *bit* y esta manzana es un buen *it*” (Lloyd, 2006, p.9)².

Hay muchas anécdotas alrededor de esa charla, sin embargo, el propósito no es otro que conectar el símbolo de la manzana con la escena que describen Al-Khalili y McFadden (2019), a fin de señalar su origen fotosintético y recordar que su caída representa el surgimiento de la mecánica³.

El mecanicismo y el manejo de la información en bits fueron considerados: obsoletos. El *qubit* o cúbit es la nueva unidad mínima y, por tanto, constitutiva de la teoría de la información cuántica. Además, es advertida como un elemento fundamental que se sobrepone a la materia y a la energía (Schumacher, 1995)⁴.

De acuerdo con lo anterior, el bit era considerado como la unidad mínima de información empleada en informática. Esta siempre representaba dos valores, tales como: cero y uno (asidos del sistema binario), verdadero y falso, abierto y cerrado, etc. De acuerdo con la cuántica y un sistema de dos estados (también binario), estos se encuentran superpuestos. Según Schumacher (1995), el bit y el cúbit revelaron que los instrumentos para manejar la información eran inmensos.

² La conferencia fue en 1989 y tuvo lugar en el Instituto Santa Fe. Además, cuentan que Lloyd la llevó a cabo porque J.A. Wheeler lo retó.

³ Dicen que este hecho inspiró a Newton y, además, ocasionó que el mecanicismo incursionara en la ciencia.

⁴ Bit es el acrónimo de *binary digit*.

Hace tres décadas se desarrolló un paradigma conocido como la segunda revolución cuántica. Albert Einstein fue nombrado su pionero, aunque sin proponérselo. El físico alemán concluyó, sin acierto, que la mecánica cuántica erraba cuando conducía hacia efectos no-locales, ya que esto transgredía por completo su teoría general de la relatividad.

En 1964, Bell estableció una desigualdad que terminó dándole la razón a la mecánica cuántica. Sin embargo, nadie pudo advertir que los efectos no-locales serían el germen de perspectivas que terminarían transformando todo cuanto se sabía del mundo cuántico.

Según McFadden y Al-Khalili (2019), durante la segunda revolución cuántica descubrieron que los procesos de entrelazamiento cuántico habían tenido que ver en la caída de la manzana, que tanto inquietó a Newton. Cabe señalar que este recurso, fundamental en la física cuántica, interviene en los procesos biológicos y, además, puede arrojar una explicación mucho más profunda y amplia de la fotosíntesis.

Una gran parte de los seres que habitan la Tierra tienen origen gracias a la fotosíntesis o función clorofílica. A partir de este proceso, las plantas, las algas y algunas bacterias pueden convertir la energía solar en energía química estable y aprovechable. Esto no solo devela la capacidad de los organismos vivos para procesar información, sino que también subraya la eficiencia con la cual la naturaleza administra este recurso.

Estas características fueron desapercibidas en la biología clásica; de ahí que los biólogos, los investigadores y los científicos entendieran estos fenómenos como meros resultados de interacciones y procesos clásicos (físico-químicos y bioquímicos). Hecha esta salvedad, es preciso retomar los planteamientos de Lloyd porque ponen de manifiesto que la cantidad de información contenida en la

manzana no es infinita y, por ende, es sencillo calcularla si se sabe cuál es su peso exacto.

La realidad es una entidad influenciada por el observador, ya que él es quien elige un marco explicativo para desarrollar una comprensión sobre determinados fenómenos. De ahí que su mirada intervenga en las intelecciones de otros sujetos e igualmente, en su cosmovisión. Por ejemplo, muchos entienden la existencia como la interacción constante entre los procesos cuánticos y las miradas clásicas.

Pero lo que importa no es el punto de partida ni el punto de llegada; es decir, lo relevante no es la manzana, el *it* o la cosa en sí misma, sino la información que contiene, la eficiencia con la cual aprovecha su energía, a fin de mantener en funcionamiento los motores de la vida o lo que permitió la existencia de esa manzana. ¿Qué es la energía? La definición usual es: obsoleta.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, durante miles de años la complejidad de las plantas permaneció al margen de los estudios sobre botánica, por esto, se desconocía su gran inteligencia, su potencial para percibir los estados cuánticos y captar los estímulos externos e internos. Por ejemplo, estas no solo poseen cinco sentidos similares a los de los seres humanos, sino que disponen de otros quince.

Por lo demás, estos sentidos les permiten: medir la humedad de un terreno, detectar la gravedad y los campos electromagnéticos, reconocer y calcular las sustancias químicas presentes en el aire o en la tierra, etc.

...gracias a sus sentidos las plantas se orientan en el mundo e interactúan con otros organismos vegetales, con los insectos y con los animales, con los que se comunican mediante moléculas químicas e intercambian información. Las plantas hablan entre ellas, reconocen a sus familiares y dan

pruebas de tener caracteres distintos. (Mancuso y Viola, 2015, p. 7)

Los sentidos hacen que las plantas desarrollen procesos cuánticos. Estos son fundamentales porque les permite aprovechar al máximo la energía y preservar su coherencia. Sin duda, lo mencionado relieves que su inteligencia reside en la capacidad para integrar una multiplicidad de información en una respuesta que es, esencialmente, adaptativa. Por ejemplo, usan los fotones con el propósito de sintetizar los hidratos de carbono.

Ahora bien, las plantas no son las únicas que pueden captar unos recursos y transformarlos en una fuente que garantice su supervivencia. Según McFadden y Al-Khalili (2019), "...bajo la piel, animales y plantas no son tan diferentes, la distinción esencial reside en las fuentes de las cuales obtienen los constituyentes básicos y fundamentales de la vida" (p. 187).

De acuerdo con Bedolla y Guzikb (2011), los animales y las plantas requieren de muchos elementos; sin embargo, entre estos se destacan: los electrones, las biomoléculas y la energía, que obtienen directamente de algunas fuentes, tales como: la luz solar, los carbohidratos o las proteínas.

La luz solar es absorbida por las plantas para producir una cantidad de diferencia química: "... si se quiere entender el origen más básico de la vida, tenemos que atender a la absorción de luz solar por parte de los seres vivos: la fotosíntesis" (Bedolla y Guzikb, 2011, p. 8).

La fotosíntesis se lleva a cabo en los centros de reacción fotosintética (PRC). Lo interesante es que estos son un complejo proteico a partir del cual se recibe la energía solar, que, a su vez, es retenida por la clorofila, la bacterioclorofila y los pigmentos accesorios. Los (PRC) cumplen una doble función: primero, permiten que las excitaciones electrónicas de los cromóforos lleguen a separarse en cargas, las cuales están compuestas por donantes y receptores

de electrones. Según lo refieren Stones et al. (2017), este proceso es muy eficiente y ocurre en picosegundos gracias a un proceso de computación cuántica.

Aunque parezca que esta transferencia de energía ocurre mediante procesos muy bien definidos y casi mecánicos, lo cierto es que un mínimo error en la selección de la ruta ocasionaría una pérdida de energía y, por ende, un impacto sobre los procesos de los PRC. De acuerdo con McFadden y Al-Khalili (2019), la selección de la ruta ocurre a gran velocidad, a fin de que los procesos sean realmente eficientes y la energía pueda aprovecharse al máximo. A causa de esto, el excitón no puede elegir una ruta sin antes haber explorado todas las demás.

Esta exploración demuestra que el excitón puede estar aquí y allá al mismo tiempo gracias al principio superposición cuántica. Su aplicación disminuye casi por completo la posibilidad de que surjan errores o la energía sea desaprovechada. Una vez que el excitón emprenda el camino, no podrá revertirse el proceso. Es importante mencionar que, sea cual sea la ruta, puede llegar a interactuar con agentes que lo impulsen a la decoherencia, es decir, a exhibir un comportamiento clásico (McFadden y Al-Khalili, 2019).

En suma, estas pulsaciones cuánticas también son el resultado de un cruce entre el sistema y el medio ambiente. Un ejemplo, útil para entender esto, son las modificaciones que pueden darse en el ácido desoxirribonucleico (ADN) a causa de la metilación de las citosinas (metilación del ADN).

Este proceso puede entenderse en términos cuánticos, debido a la rapidez con la que los cambios en la expresión de un gen inciden en la de los demás (epimutaciones).

Un proceso de esta naturaleza inspirado en el gradualismo darwiniano tomaría mucho tiempo en comparación a las escalas de tiempo correspondientes con el ciclo de vida de una célula. Pero si, por

el contrario, la dinámica de las epimutaciones estuviera entrelazada todas serían consistentes y se manifestarían en un solo paso. (Andrade, 2019, p. 40)

Los elementos que hacen posible la vida se entrelazan, así como ocurre con los procesos cuánticos de las plantas. Por ejemplo, si la luz del Sol no se entrelazara con estos seres autótrofos y fotosintéticos, simplemente no existirían.

Con frecuencia tiende a ignorarse que la capacidad para entender y comprender proviene de los procesos cuánticos que acaecen en cada neurona. De esto puede inferirse que el entrelazamiento es fundamental en cada uno de los tipos de inteligencia existentes.

El proceso de fotosíntesis en los PRC exhibe una interacción entre las ondas y las partículas. De la consideración de este comportamiento puede concluirse que la transmisión de la información tiene una relación con los contextos clásicos y cuánticos.

Es importante mencionar que este mecanismo no solo ocurre en las plantas, sino también en los animales y otros organismos vivos. Por ejemplo, la *Escherichia coli* tiene un comportamiento particular, pues hace mediciones cuánticas a través de la lactosa, a fin de activar la enzima β -galactosidasa y determinar la posición de los protones (Andrade, 2019).

La biología cuántica da luces acerca de los procesos sensoriales, siempre y cuando la información y su transmisión sean comprendidas como un sustrato vital y un proceso dinámico y complejo. A causa de esta nueva idea, hay un tránsito de la noción de códigos a la de señales (*beats*, *signos*, etc.).

Los cambios adaptativos de los sistemas vivos, que desde la antigüedad fueron comprendidos como el resultado de las mediaciones genéticas, ahora deben enfrentarse con un sistema cuántico (*qubits*) capaz de transformar su organización, estructura y comportamiento.

La información es comprendida como un proceso autopoietico, autoorganizado y que constantemente modifica a las formas vivas. En efecto, esto escapa al determinismo o la causalidad gracias a la preservación de la coherencia en los sistemas vivos. Así, la información se convierte en un elemento fundamental para determinar el comportamiento de los seres bióticos. Lo cual tiene una influencia importante en la plasticidad fenotípica. Por ejemplo, las hojas de la *Convolvulus chilensis* (Convolvulaceae) pueden llegar a reducirse o ensancharse cuando las exponen a un menor grado de luz. Esto ocurre porque su existencia depende de la manera como aprovechen el recurso solar (Gianoli, 2004).

Las plantas viven gracias a que administran la energía casi en un 100 %. Lo hacen incluso en los ambientes cálidos y húmedos, que caracterizan a los procesos biológicos. Esto genera un interrogante: ¿cómo es que pueden desarrollarse procesos cuánticos en estas circunstancias?

La respuesta puede hallarse en esos sistemas vivos que han sido poco explorados hasta el día de hoy. Las bacterias son un buen ejemplo porque a través de la función de onda partícula desarrollan un sistema capaz de conservar la coherencia y proteger los estados cuánticos. Hasta hace poco descubrieron que los sistemas vivos mantienen un estado coherente, aun cuando están en un contexto donde la cantidad de energía solar es mínima.

En el 2007, investigadores pertenecientes a la Universidad de California y Washington tomaron la decisión de ir hasta Alemania para extraer de las bacterias verdes de azufre, halladas en el fondo del océano, un conjunto de moléculas de clorofila. Su objetivo era determinar la duración del estado cuántico en un ambiente con una energía solar débil. Cuando analizaron los niveles de energía absorbida por la muestra, encontraron evidencia de coherencia. Esto los motivó a seguir realizando estudios en los complejos clorofilicos de las algas marinas (Offord, 2019).

En la misma añada, unos investigadores alemanes tomaron la determinación de volver a estudiar a las bacterias verdes de azufre. Durante el análisis de la muestra descubrieron que el efecto de coherencia no duraba más de sesenta femtosegundos y, por ende, era imposible que se transfiriera energía al centro de reacción.

Un año después, un grupo de investigadores estableció que estos complejos clorofílicos tenían varios tipos de coherencia y cada uno duraba el tiempo suficiente para hacer posible el proceso de fotosíntesis.

Puede afirmarse que la cuántica no está presente en los sistemas vivos, antes bien, estos utilizan los procesos cuánticos para mantener la coherencia. Es decir, logran blindarse contra los peligros medioambientales a través de un viaje ininterrumpido al mundo clásico y cuántico. Sin embargo, como se ha podido observar a lo largo de este texto, no existen referencias acerca de los procesos cuánticos en los seres humanos y otras especies, que han evolucionado para garantizar su supervivencia. ¿Por qué?

Un breve recuento del proceso evolutivo de la especie humana puede ser una pieza clave para resolver esta incógnita. Los seres humanos deberían estar en la capacidad de aprovechar los procesos cuánticos, así como lo hacen otras especies. Sin embargo, parece que el problema radica en que sus sentidos son bastante clásicos. Es decir, los sentidos, o la percepción natural, permiten afirmar que solo es real lo externo, lo material o aquello que posee una base empírica.

Los seres humanos evolucionan para que sus sentidos sean cada vez más clásicos, mientras que algunos organismos, sobre todo las plantas, preservan algunas de sus características fundamentales. En el caso de los seres humanos es notable el papel de la cultura. Aunque los estados cuánticos siempre están ahí, su interacción con los estados clásicos no hace más que pervertir los comportamientos y las dinámicas que buscan mantener la coherencia.

La ciencia clásica ha conducido a pensar la vida de manera lineal, es decir, como un fenómeno reductible a comportamientos físico-químicos. Sin embargo, esta linealidad de los procesos es atribuida esencialmente al observador. Puede que nuestra incapacidad para descubrir los procesos cuánticos de la vida radique en que nuestros sentidos se han hecho cada vez más clásicos.

Sin embargo, la mayor preocupación es que el paso de lo cuántico a lo clásico parece ser irreversible. Según Zurek (2018), la irreversibilidad de los procesos cuánticos no se debe necesariamente a la segunda ley de la termodinámica, es decir, a la entropía, sino a la cantidad de información que se posee. Por ejemplo, si los agentes que observan el fenómeno llegaran a conocer los resultados finales de los procesos cuánticos, podrían retener esos datos para evitar la reversibilidad. En ese sentido, la información juega un rol fundamental en las características de la irreversibilidad de la decoherencia. Este caso lleva a pensar, atenta y detenidamente, sobre la importancia de la información, las interacciones entre los agentes que hacen posible la vida y su relación con el ambiente.

La irreversibilidad (de la flecha del tiempo) va aumentando a medida que los seres humanos se vuelven más clásicos. En ese sentido, no es un fenómeno atribuible solo a la decoherencia, sino que también puede ser el resultado de la adquisición de los datos sobre un sistema en particular:

El observador que conserva un registro del resultado no puede restaurar los estados previos a la medición de ambos sistemas S y el aparato A . Entonces, desde el punto de vista del observador, mientras que las mediciones clásicas pueden deshacerse, las mediciones cuánticas son fundamentalmente irreversibles. (Zurek, 2018, p.)

Al Pensar en la irreversibilidad de estos procesos, surge la necesidad de explorar la salud y la vida desde perspectivas distintas a las clásicas. Asimismo, obliga a buscar esos vínculos entre los diversos elementos de la naturaleza y a entenderlos como un tema que también le atañe a las ciencias de la salud y la vida. De esta manera, no solo podrán comprenderse a cabalidad los procesos cuánticos que mueven al mundo, sino también hacerse aportes sustanciales en las premisas que buscan responder: ¿qué es la vida? y ¿cómo opera?

2.

**Evolución:
desde los genes saltarines
hasta los saltos cuánticos**

Barbara McClintock descubrió, en la década de 1940, los genes saltarines (hoy conocidos como transposones) en el maíz. Durante sus estudios observó que estos eran una clase de elementos genéticos que se movían de un cromosoma a otro, alterando la expresión de los demás genes. Cuando los hallaron en los seres humanos, descubrieron su ubicuidad e importancia⁵.

A partir del modelo de la doble hélice del ADN, descubrieron que los genes saltarines desafiaban el patrón lineal de los cromosomas organizados. En 1953, Watson, Crick y Rosalind Franklin resolvieron la incógnita con respecto al funcionamiento del código genético.

En la actualidad, la física cuántica ayuda a explicar los fenómenos biológicos en los ambientes húmedos, blandos y calientes. No obstante, lo hacen mediante la interacción con los límites borrosos de las redes complejas y, en contraposición con los modelos, un tanto fríos y rígidos, de las esferas y las varillas entorchadas del ADN.

Las micelas, formadas por los lípidos hidrofóbicos en el agua de los océanos, se convirtieron en las membranas semipermeables de las células. Por esta razón, permitieron que la ósmosis química y la homeostasis celular sostuvieran la entropía del medio interno, medio que ellas mismas habían favorecido. La ambigüedad creada por la diferencia entre la neguentropía interna y la entropía externa genera una fuerza vital que impulsa a los seres vivos a resolver los problemas y a adaptarse a entornos retadores y cambiantes (Torday, 2018).

Para Schrödinger (1944), una explicación acerca de la alta fidelidad de la herencia requería de leyes cuánticas.

⁵ En 1983, McClintock recibió el premio Nobel de Medicina o Fisiología. Como este galardón se lo otorgaban a una sola persona, llamó la atención que se lo hubieran dado a una mujer (Ravindran, 2012).

Por esta razón, describió los genes como cristales aperiódicos que codifican la información genética a nivel cuántico. Los enlaces débiles entre los pares de bases nitrogenadas, que son complementarias en las hebras del ADN, se realizan a través de puentes de hidrógeno, es decir, comparten un protón, que se rige por las leyes cuánticas de la indeterminación, la superposición, el tunelamiento, la coherencia y el entrelazamiento. Cabe señalar que estas rompen con los esquemas lineales del tiempo y el espacio.

Gracias a que este proceso de replicación no es perfecto, la evolución es posible. De acuerdo con McFadden y Al-Khalili (2019), un solo error en la secuencia de los nucleótidos del ADN puede ocasionar mutaciones. Estas alteraciones, por su parte, se traducirán en novedades y adaptaciones.

Como las células viven comunicándose entre sí, producen un metabolismo cooperativo. Este permite la construcción de nichos y acrecienta su complejidad hasta la unidad orgánica de la Tierra, denominada Gaia por Lovelock. La vida celular existe gracias a la tensión permanente entre el determinismo, la neguentropía, la ósmosis química, la libre elección y la indeterminación (Torday, 2018).

Por lo tanto, las moléculas orgánicas simples, en la evolución temprana, se convirtieron en polipéptidos y polinucleótidos complejos mediante la replicación sin genes. La aparición de pequeños errores permitió la selección de opciones más favorables a las circunstancias. A causa del aumento de la complejidad, resultó acumulándose información en los genes. De acuerdo con Melkikh (2013), esto ocurrió en forma de cúbits o bits cuánticos, con toda la gama de probabilidades entre 0 y 1.

Otra estructura celular importante es el citoesqueleto, pues este entramado tridimensional de proteínas (microtúbulos, microfilamentos y fibras de actina en células eucariotas) le da forma a las células, mantiene el anclaje de las proteínas de membrana (las bombas y los canales

iónicos) y, además, crea rieles que sirven para transportar sustancias, coordinar las funciones homeostáticas, meióticas y mitóticas de las células. Hameroff y Penrose relacionaron esta función de las neuronas cerebrales con un computador cuántico y la aparición de la consciencia (Melkikh, 2013; Torday, 2018).

Los modelos evolutivos de los seres vivos, que están apoyados en la evolución de los replicadores, no permiten una representación cualitativa ni explican ciertas propiedades, tales como: la existencia de los sexos, el envejecimiento y la exaptación. Pues bien, este proceso de exaptación hace referencia a la evolución de una característica fenotípica, que, en principio, es considerada como un rasgo a partir del cual el metabolismo llega adaptarse a determinadas condiciones y después de que ya está consolidada, es concebida como un rasgo que puede ser utilizado o empleado en pro de otra finalidad. Así, por ejemplo, los huesos comenzaron a proteger a los órganos vitales, la vida evolutiva del oído medio comenzó en un orificio branquial y los pandas desarrollaron un falso dedo pulgar para asir las ramas de bambú (Gabora, 2013; Melkikh y Khrennikov, 2017).

Además, se propone que los saltos evolutivos sean descritos como saltos cuánticos. Asano et al. (2013) sugiere un modelo de evolución epigenética basado en sistemas cuánticos. Las influencias del entorno cambian la estructura del epigenoma; esto lo hacen a través de la metilación del ADN o la modificación de las histonas, que, a su vez, alteran la expresión de los genes. Estas mutaciones adaptativas, inspiradas en las teorías de Lamarck, producen cambios en el desarrollo del organismo; sin embargo, en ocasiones, pueden ser transmitidas a las nuevas generaciones.

La evolución no se limita al esquema de variación al azar y selección natural, puesto que también depende de los procesos creativos y adaptativos, los cuales surgen como respuesta a diversos estímulos. Estos se pueden al-

macenar en el genoma y el epigenoma, además, de transmitirse a la siguiente generación.

Por otra parte, la evolución tampoco se limita al esquema básico de Darwin, quien propuso que la variación al azar estaba sujeta a selección. Las cuatro dimensiones de la evolución, genética, epigenética, cultural y simbólica, propuestas por Jablonka y Lamb (2006), podrían enriquecerse con los aportes de la cuántica. En este caso, su creatividad y diversidad llegaría a comprenderse mediante la *Escherichia coli*, los bacteriófagos, los granos de guisantes y maíz, el *Caenorhabditis elegans*, la *Drosophila melanogaster*, los vertebrados, los humanos y los ecosistemas de holobiontes.

En las cuatro dimensiones se encuentran implicadas las teorías sobre la síntesis. Pues bien, estos conocimientos especulativos nos permiten observar el mundo a partir de las interacciones, las relaciones de interdependencia y la coevolución. En efecto, la nueva concepción nos lleva a comprender la complejidad de la vida y a confiar en su capacidad para sostenerse, adaptarse e innovar.

Para concluir, esto no solo podría generar un compromiso ético con su cuidado y florecimiento, sino un anhelo por hacer aportes desde la dimensión cognitiva, emotiva, ética y estética.

3.

El fenómeno de la conciencia en el mundo cuántico

En la perspectiva científica actual, el fenómeno de la conciencia asume una concepción unitaria del cuerpo y la mente, así como de la biología y la cultura. Es decir, no hay un hiato entre lo mental y lo físico ni entre la biología y la cultura. Esta aproximación no solo supera el reduccionismo, sino la visión mecánica de la vida.

La conciencia está referida a: “La experiencia integrada, que consiste en situar los contenidos mentales en un panorama multidimensional más o menos unificado, y la subjetividad” (Damasio, 2019, p. 202). Este estado de la mente le permite al individuo tener un conocimiento de su propio ser y del mundo que lo rodea. La conciencia hace manifiesta la perspectiva construida por un organismo a partir de experiencias integradas y situadas en múltiples espacios y tiempos.

Los portales sensoriales están en la capacidad para captar y disponer en distintos canales a: los estímulos, que provienen del entorno, las vías o los mecanismos, a través de los cuales se transportan las aferencias y eferencias. Por otra parte, no solo han elaborado los mapas anatómicos y las imágenes de los procesos fisiológicos involucrados en el desarrollo de la mente, sino que también han identificado o caracterizado a las sustancias químicas y los neurotransmisores relacionados con los sentimientos y las emociones. Sin embargo, la ciencia aún no ha logrado integrar todas estas impresiones sensoriales en una perspectiva igual y distinta a la vez; igual, en tanto capacidad de todo organismo vivo y diferente, en tanto perspectiva única y particular (Steven, 2008).

Los filósofos de la mente designaron a esta capacidad como: *qualia*, debido a que le permite a la mente-cuerpo tener experiencias individuales y subjetivas. Con frecuencia acuden a los zombis para imaginar cómo sería una persona si no la tuviera, pues estos son autómatas sin conciencia y, por ende, incapaces de tener experiencias sub-

jetivas. Este supuesto lleva a preguntarse si el ser humano puede ejecutar acciones de forma inconsciente.

La conciencia parece ser un fenómeno consustancial a la vida, dado que los organismos no cesan de codificar, recodificar e interpretar señales o acontecimientos, a fin de organizarse en diversos espacios y tiempos. Quizás este estado de la mente sea una propiedad que poseen todos los seres vivos, es decir, no solo aquellos que tienen un sistema nervioso. Al asumir una postura de tal calibre, deben abandonarse las posiciones antropocéntricas y encefalo-céntricas.

Los humanos se reconocen como tal gracias a sus experiencias mentales, que provienen de la mente-cuerpo; la conciencia, que hace sentir al organismo presente en el mundo y la realidad; el sistema nervioso y el cuerpo, con el cual interactúa. Como procesamos la información visceral mediante el músculo esquelético y los portales sensoriales, generamos imágenes sensoriales, visuales, auditivas, táctiles, gustativas y olfativas, que se encuentran más o menos integradas. Según Damasio (2019), “La conciencia permite que lo que mueve nuestra mente sean las ideas y los conceptos, y no los meros estímulos” (p.204).

La experiencia subjetiva solo ocurre en los seres humanos, ya que hay otros organismos vivos que carecen de lenguaje signo-simbólico y pensamiento: “Fundamentalmente, un organismo tiene estados mentales conscientes si y solo si, hay algo que lo determine a ser ese organismo, algo determinante *para* el organismo” (Nagel, 2000, p.). Entre estos seres vivos se encuentran los peces, los moluscos y las esponjas. En resumen, solo los *Homo sapiens* poseen un pensamiento simbólico.

McFadden y Al-Khalili (2019), al igual que otros autores, desplazan la pregunta: ¿qué es la conciencia? a ¿cómo se produce la integración que da lugar a la perspectiva subjetiva?, ¿cómo y por qué la materia se hizo consciente? Esto

es, ¿cómo se une la información codificada en regiones dispares del cerebro en la mente consciente?⁶ El núcleo del problema es que esta integración se aborda a partir de ideas, y no de impresiones sensoriales. De ahí que surjan otros dos interrogantes: ¿las ideas están en la capacidad de mover mentes y, por ende, también a los cuerpos?, ¿qué papel tiene la mecánica cuántica en este asunto?

Hay una aproximación mecánico cuántica que parte del teorema de la incompletitud. Este fue propuesto por Gödel, en 1927, para relacionar la mente-cerebro con un computador cuántico. Si estuviera aislado del ambiente, esta analogía tendría sentido, porque no podría entrar en decoherencia y los cúbits comenzarían a comportarse como bits clásicos.

De ahí que surja la pregunta: ¿podría mantenerse a raya la decoherencia en el sistema nervioso central, a fin de permitir que se realice computación cuántica en el cerebro? Penrose y Hameroff (2009) exponen que la conciencia puede ser vista como un procesador cuántico. La mente es más que un simple ordenador clásico porque es capaz de procesos no computables. De cualquier manera, esto aún no se ha resuelto y, por ende, es considerado como una propuesta.

Por otra parte, ellos plantean que la mente o la conciencia es no-algorítmica, es decir, procesa mucho más que funciones. En una palabra, el cerebro es cuántico, pero se comporta de manera clásica, debido al peso de la cultura. Los microtúbulos ubicados en las neuronas son, dicho puntualmente, en los procesos cuánticos del cerebro: los cúbits. En efecto, veamos:

⁵ Del libro *Biología al límite. Cómo funciona la vida a muy pequeña escala*, véase la p. 330.

Los microtúbulos son largas hebras de tubulina, capaces de presentarse en dos formas extendida y contraída, se comportarían como objetos cuánticos que existen en una superposición de ambas formas... No solo esto: postularon que las proteínas de la tubulina en una neurona están enmarañadas con las proteínas de la tubulina en muchas otras neuronas...acción fantasmal a distancia. (McFadden y Al-Khalili, 2019, p. 355)

De esta manera se resolvería el problema de la integración entre el mundo clásico y el mundo cuántico, y, por consiguiente, también el del enigma de la conciencia. Sin embargo, hay muchos cuestionamientos en torno a esta teoría.

Por otra parte, los fenómenos cuánticos del cerebro podrían estar ubicados en las neuronas, es decir, en los canales iónicos de las membranas celulares, porque son considerados como la base de los potenciales de acción. Bernroider y Summhammer concluyeron que la coherencia cuántica: “desempeñaba un papel indispensable en la conducción de iones a través de los canales iónicos de los nervios y, por lo tanto, era una parte esencial de nuestro proceso de pensamiento” (como se citó en McFadden y Al-Khalili, 2019).

El enmarañamiento es incapaz de integrar la información en los canales iónicos. El voltaje (medida del gradiente de un campo eléctrico) también juega un papel importante porque abre y cierra los canales. Como la noción de campo permite que se planteen nuevas posibilidades, puede resolverse el problema de la integración entre la mente y el cuerpo.

El campo de energía electromagnética del cerebro es tan real como la materia que constituyen sus neutrones; y, puesto que esta generada por los

disparos de las neuronas, codifica exactamente la misma información que los patrones de disparo neural del cerebro. Sin embargo, mientras que la información neuronal queda atrapada en estas neuronas que emiten señales, la actividad eléctrica generada por todas las señales unifica toda la información dentro del campo electromagnético del cerebro. (McFadden y Al-Khalili, 2019, p. 362)

El campo coordina los disparos de los nervios y hace entrar en sincronía a muchas neuronas; esto con el objetivo de que todas disparen al unísono. El mismo campo produce bucles de retroalimentación. Si hay asincronía, puede haber inconsciencia. Si hay sincronía, existe la posibilidad de que se produzca el fenómeno de la conciencia.

En un principio, la noción de campo fue introducida por Einstein. Posteriormente, ha sido abordada por los investigadores de la teoría de la gravedad cuántica (relatividad general y la teoría de cuantos). Carlo Rovelli es, hoy por hoy, quizás el investigador más destacado en la teoría cuántica de campo. La mecánica cuántica, con sus campos y partículas, nos señala que:

El mundo no está hecho de campos y partículas, sino de un mismo tipo de objeto, el campo cuántico... Ya no hay partículas que se mueven en el espacio a lo largo del tiempo, sino campos cuánticos que producen acontecimientos elementales en el espacio tiempo. (Rovelli, 2019, p. 118)

Nuestras mentes-cuerpos están hechas de parpadeos, vibraciones y fluctuaciones incesantes. No las podemos ver porque son muy muy pequeñas o se encuentran a gran escala: “La mecánica cuántica nos revela que, cuanto más de cerca miramos el mundo, menos constante vemos que

es. Es un fluctuar continuo, un continuo pulular microscópico de micro acontecimientos” (Rovelli, 2019, p. 121). Esto implica que haya indeterminación, imprevisibilidad del futuro y, además, aparezca la probabilidad.

La mecánica cuántica: “No dice como son las cosas, antes bien, dice cómo ocurren y cómo influyen unas en otras” (Rovelli, 2019, p. 122). No dice dónde está una partícula, sino dónde se aparecen otras. De este modo, el mundo y la realidad se reducen a las interacciones.

Es decir, el asunto es que las relaciones dan una idea sobre cada cosa⁷. Cabe señalar que esto se encuentra en sintonía con el desplazamiento del qué al cómo sucede la conciencia.

En la mecánica cuántica, la información es finita. Esto significa que el mundo dejó de ser infinito e ilimitado. Además, como puede ser contado y medido, es discreto. Al ser un sistema discreto, su unidad de base es la energía, Planck desarrolló este planteamiento en 1900. Por su parte, la información mide: el número de alternativas para que algo suceda y las posibilidades de que los sistemas físicos se comuniquen entre sí.

En conclusión, el mundo no es solo una red de átomos que chocan, sino también una red de correlaciones entre los sistemas de átomos y los sistemas físicos. Con el paso del tiempo, esta noción de campo emergió y se impuso.

La estructura de la mecánica cuántica puede entenderse en términos de información:

Un sistema físico solo se manifiesta cuando interactúa con otro...Cualquier descripción del estado de un sistema físico siempre es, pues, una descrip-

⁷ Del libro *La realidad no es lo que parece: La estructura elemental de las cosas*, véase la p. 123.

ción de la información que un sistema físico tiene de otro sistema físico, esto es, de la correlación entre sistemas. (Rovelli, 2019, p. 221)

En esta medida, todo saber es, intrínsecamente, correspondencia, interacción, redes. El ser humano está empeinado en dividir el mundo que lo rodea y objetivarlo. Asimismo, vive demarcando límites convencionales y arbitrarios.

Los organismos vivos no cesan de formarse a partir de la interacción con su entorno y lo que acontece en su propio organismo. En otras palabras, los límites entre afuera y adentro son arbitrarios. Al gestionar la información y tener parpadeos de conciencia, los seres vivos persisten y prevalecen.

4.

**Mentes cuánticas:
contra la comprensión
lineal de la acción humana**

Las visitas al médico suelen tener un propósito más o menos constante y casi previsible. Cuando alguien nota que tiene un malestar, una lesión o una dolencia, acude a otra persona para que le ayude a identificar con mayor precisión los orígenes de tales afecciones.

Todo parece indicar que quien consulta al médico no solo confía en su experiencia y conocimiento, sino también en su capacidad para manipular con maestría los instrumentos y artefactos, que fueron desarrollados tan hábilmente por la ciencia. Al concluir la consulta, el (ahora) paciente espera obtener un diagnóstico más o menos certero y, además, recibir un tratamiento que ayude a disminuir o eliminar los efectos del malestar que lo aqueja. Es plausible imaginar que con esta visita el paciente aspire a recuperar su salud y, por ende, a retomar el estilo de vida que tenía antes de sentirse enfermo o indispuerto; sin embargo, esto no siempre ocurre. Sin duda, solo volverá a consultarlo si otro malestar se asoma en el horizonte.

Los tratamientos, a veces, no son completamente eficaces, puesto que discuerdan de las causas específicas del malestar o resultan ser insuficientes y tardíos. También pasa que los pacientes no atienden a las indicaciones del médico o seleccionan aquellas que consideran convenientes y aceptables. Esto suele ocurrir con frecuencia en el caso de las enfermedades crónicas porque: los tratamientos son prolongados y están sujetos a las rutinas, las prácticas y los comportamientos que puedan ayudar a contener los efectos más destacados de la patología.

En el caso de la diabetes tipo 2, por ejemplo, la fórmula supone una serie de regímenes, tales como: el incremento de la actividad física, la aplicación de dosis variables y reguladas de insulina, la reducción o eliminación de los azúcares y los carbohidratos de la dieta diaria, etc. Aunque el tratamiento ha sido ampliamente descrito y metódicamente registrado, sucede que muchas veces los pacientes

no atienden con fidelidad a las indicaciones del médico, es decir, omiten o transgreden algunas de sus reglas más elementales. Cuando el paciente no logra adherirse a los tratamientos establecidos, el médico no consigue los efectos esperados.

Es posible que los médicos sientan algo parecido a la frustración cuando presencian esta clase de conductas. Sin embargo, lo más difícil para ellos es entender por qué algunos pacientes insisten en pasar por alto los tratamientos o no atender a las recomendaciones, pese a que estos constituyen un medio relativamente eficaz para aliviar el malestar o recuperar la normalidad alterada.

Aunque hayan evidencias sobre la efectividad de ciertas rutinas, dietas y uso de las fórmulas farmacológicas, hay quienes toman caminos distintos, aun si van en contravía del criterio médico. Estas elecciones, rebeldes en algún sentido, pueden generar problemas de salud aún más graves que los detectados en un principio o tener un desenlace fatal, que circunscribiría la acción médica exclusivamente al cuidado paliativo. No obstante, existe la posibilidad de que estos actos generen alivio y se constituyan en un método curativo.

Retomando lo anterior, cómo podría entonces explicarse esta insistente desatención de los pacientes. Una de las posibles respuestas sería que la salud es una condición indeterminada, debido a que adopta un significado diferente para cada paciente, es decir, posee unas estructuras de sentido que lo conducen a valorarla, enunciarla y conceptualizarla de una manera singular. Para Klein (2010), la salud puede ser, de forma simultánea, un bien de consumo, una lucrativa industria global, un estado de bienestar o una condición asociada al placer.

Cuando se formula el tratamiento, el médico ya tiene una noción de salud. Sin embargo, esta puede distar de la que desarrolla el paciente desde su condición y ex-

perencia particular. El concepto no es unívoco o estable, pues cambia según las expectativas de ambos. En conclusión, una es la salud que detecta el médico y otra la que siente el paciente.

Sin embargo, puede que el médico no acoja con fervor esta explicación, propia de las disertaciones que, a veces, se originan en las ciencias sociales, pues a fin de cuentas su labor consiste en determinar con precisión la enfermedad y hacer lo posible por enfrentarla, reducir sus efectos sobre el organismo o eliminarla. Esto quizás despierte la necesidad de encontrar una explicación más acorde con su manera de entender la realidad y los fenómenos que le dan sentido.

Pongamos por caso que el médico le atribuye esta desatención, causante del fracaso del tratamiento, a que el paciente no entiende a cabalidad la importancia de seguir las rutinas tal y como él las establece. Es, por tanto, un problema de comprensión. De ahí que no sea descabellado especular que existe una cantidad considerable de literatura donde mencionan que el campo médico recurre constantemente a este tipo de explicaciones (Bibeau, 1997; Petersen y Lupton, 2020).

Dentro de los discursos que formula la salud pública, hay algunos que remarcan la ignorancia de los individuos, en quienes recaen las acciones institucionalizadas. Por lo demás, estas allanan el camino para que se conformen grupos con objetivos irracionales y supuestos desafortunados. Esta actitud, de la cual emerge una tensión constante y problemática, ha sido evidente en el contexto de la pandemia por COVID-19.

Las instituciones gubernamentales y sanitarias hacen un llamado a la ciudadanía para que sigan sus recomendaciones, desconociendo las realidades locales. Hay una manera de interpretar esto, y quizás es la más simple o común, las poblaciones son imprudentes, díscolas e incultas y, por

esto, les resulta muy difícil entender las, precisas, técnicas y congruentes, razones institucionales.

Es conviene subrayar que en estas interpretaciones se distingue con claridad a un experto, quien entiende u obedece, y a un lego, quien ignora y desatiende; sin embargo, estas figuras no solo están presentes en el campo médico, sino en las diversas formas como el mundo moderno analiza y comprende sus realidades. Allí, desde luego, se encuentra anclado aquello que aprende y reproduce la medicina.

La presencia permanente también está relacionada con una idea que ha circulado durante mucho tiempo. El ser humano es, entre muchas cosas, el resultado de una articulación entre la mente y el cuerpo, articulación que es posible porque ambos constituyen esferas que son independientes, al menos conceptualmente. Sin duda, se trata de un dualismo radical y atávico, que es usado en el mundo moderno como un cimiento sobre el cual estriban innumerables interpretaciones y explicaciones.

Es bien sabido que la distinción entre la mente y el cuerpo es previa a la modernidad, aunque fueron los pensadores de esta época los que la convirtieron en el eje fundamental de su filosofía. Con el paso del tiempo descubrieron que la mente tenía la facultad para controlar las funciones del cuerpo; por esta razón, se constituyó en una sustancia distinta a la materia.

Bajo este paradigma, las acciones de los seres humanos eran, ante todo, una consecuencia de sus procesos mentales; por ejemplo, la capacidad para concebir ideas, normas morales y símbolos complejos.

Parece ser que Descartes no tuvo mayores inconvenientes para concebir y aceptar esta idea, pues entendía el mundo a partir de la articulación entre poleas, ruedas dentadas, cadenas, pistones y bombas. Según el mecanicismo del siglo XVII, el funcionamiento de la vida no era muy

distinto al de los relojes astronómicos que adornaban las catedrales europeas. Por esto, la intelección de la acción humana como el resultado de un proceso mecánico, que se origina en el cerebro y se despliega a través de las conexiones nerviosas, los músculos y los huesos, era coherente.

Así, el control de la mente sobre el cuerpo fue comprendido como el resultado del diseño mecánico de la vida. La mente era, en ese entonces, el cuartel general desde donde planeaban, sopesaban y dirigían todas las acciones que le correspondían al cuerpo. De ahí que cualquier desviación notable o acción insensata fuera considerada como un problema de razonamiento.

De este modo, la influencia del mecanicismo y de la dualidad entre la mente y el cuerpo contribuyó a que las disciplinas constituidas en la ciencia moderna, entre ellas la medicina, aceptaran, sin mayores inconvenientes, que los seres humanos eran el resultado de los procesos racionales y lógicos que se originaban en la mente. En ese sentido, cuando acaece una acción aparentemente inadecuada, como desatender las recomendaciones y los tratamientos médicos, deben modificarse los contenidos que alimentan el funcionamiento de la mente, porque estos les permiten planear, sopesar y dirigir adecuadamente el actuar.

Por esta razón, la educación se convirtió en el recurso más atractivo para garantizar un funcionamiento adecuado de la razón. Su papel consistió en: primero, recorrer el camino que conduce de la acción humana a la concepción de cualquier idea, a fin de dotar al pensamiento de saberes apropiados y normas morales y segundo, cerciorarse de que había sido transformada.

El lector notará, sin mayores dificultades, que esta explicación sigue una trayectoria lineal. Bajo esta perspectiva, el actuar humano, con sus aciertos y desatinos, es la consecuencia natural de los procesos concebidos en la mente, que es el lugar donde se procesa la información

proporcionada por los estímulos provenientes del mundo exterior, es decir, la experiencia.

Esta trayectoria lineal (propia del mecanicismo, la ciencia en su versión más clásica y la modernidad en general) sugiere que los fenómenos a partir de los cuales se configura el mundo tienen causas singulares, que, por lo demás, generan desenlaces susceptibles de ser anticipados. Esta mantiene un lugar privilegiado en la fisiología y la neurobiología, que con su desarrollo han permitido identificar las estructuras involucradas en el funcionamiento del sistema nervioso, pues se sirven de ella para explicar cada uno de sus hallazgos.

Los estímulos provenientes del mundo exterior se abren camino desde los receptores sensitivos, como la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto, hasta las neuronas situadas en el cerebro. En estas células nerviosas se producen complejos procesos bioquímicos, los cuales activan los neurotransmisores y generan señales eléctricas tenues, que se desplazan a través de una red colosal que, a su vez, está distribuida por todo el cuerpo hasta las fibras musculares. Estas fibras, encarnadas en los huesos y los cartílagos, son las responsables del movimiento que, a fin de cuentas, desencadena la acción humana.

Son consecuencia de la activación de las fibras musculares: las guerras más dramáticas, los textos sagrados, el lenguaje, el arte en sus diversas manifestaciones, los asentamientos más humildes y las ciudades más grandiosas. Los procesos bioquímicos del sodio y el potasio, originados en unas células especializadas que reposan en el cerebro humano, las excitan.

Sin embargo, ¿si se deja al margen este concepto dualista, tan arraigado en la modernidad, será posible entender la mente?, ¿podrá pensarse sin acudir a la trayectoria lineal antes descrita? Desde luego que es posible. Actualmente, son diversas las aproximaciones que, incluso

desde las disciplinas más clásicas, cuestionan el cisma radical entre la mente y el cuerpo. De acuerdo con McFadden y Al-Khalili (2019), en el siglo xx, el dualismo cartesiano empezó a perder partidarios dentro de la mayoría de los círculos científicos vigentes; así que, poco a poco, fue instaurándose una concepción monista. La cual comprende al cuerpo y a la mente como uno mismo, aunque en configuraciones diferentes.

Estos mismos autores sugieren que las comprensiones más populares acerca de la mente han surgido en el seno de los paradigmas construidos con base en la ciencia clásica. Por tanto, en el desarrollo de un nuevo entendimiento tienden a reproducirse algunas de las lógicas heredadas del mecanicismo clásico. Este asunto los conduce a proponer, con algo de prudencia, que es posible pensar la mente mediante ciertos modelos de la mecánica cuántica, pues algunas de sus operaciones más complejas parecen seguir patrones que trascienden las reglas establecidas para explicar el funcionamiento del mundo clásico.

McFadden y Al-Khalili (2019) plantean que es sumamente particular la forma como los iones de sodio y potasio, responsables de la sinapsis, atraviesan los canales iónicos, es decir, si se observa desde la perspectiva de la mecánica clásica. Tal parece que estos canales, extremadamente diminutos, tienen la capacidad para seleccionar el tránsito de los iones y, además, permitir que circulen a velocidades que desafían las convenciones de la física más tradicional. Asimismo, sugieren que el campo electromagnético del cerebro puede coordinar la activación de los nervios, logrando que muchas neuronas, no necesariamente las adyacentes, entren en sincronía y disparen sus impulsos eléctricos al mismo tiempo.

Por otra parte, McFadden y Al-Khalili (2019) optan por la prudencia y prefieren no afirmar con demasiada vehemencia que la mecánica cuántica explica el funcio-

namiento de la mente y la conciencia humana. Le dejan esa responsabilidad al lector. Sin embargo, formulan una pregunta bastante sensata: ¿es probable que las extrañas características de la mecánica cuántica, implicadas en tantos fenómenos cruciales de la vida, estén excluidas de su producto más misterioso? Como no hay una respuesta definitiva, deben aceptarse las dificultades que supone un problema tan técnico y especializado. Aunque la pregunta es apasionante, lo más conveniente es dejarla irresoluta.

Tal vez convenga retomar la discusión que abrió este texto. A manera de confidencia, el lector ya debe haber notado que se han hecho demasiados virajes. La comprensión de las propiedades cuánticas de la mente no aclara por qué los pacientes, a veces, deciden abreviar o suspender sus tratamientos médicos. Las razones por las cuales lo hacen son tan íntimas y particulares que es difícil identificar patrones en sus conductas. Sin embargo, lo que sí ofrece la mecánica cuántica es la posibilidad de: primero, entender la mente como un fenómeno que posee propiedades cuánticas y segundo, pensar los problemas que nos inquietan al margen de los paradigmas.

Cuando se advierte que la vida tiene características que no corresponden con la lógica lineal, mecanicista, causal y predecible, pueden proponerse interpretaciones que no buscan reproducir esas trayectorias. La mente y la conciencia no operan de acuerdo con una lógica lineal; de ahí que la acción humana no pueda considerarse solo como el resultado de los procesos que ocurren en el cerebro y se dirigen hacia las fibras musculares que hacen posible el movimiento.

Actualmente, los seres humanos saben que sus acciones están influenciadas por sus sentimientos más profundos, sentimientos que trascienden el ámbito del encéfalo y se distribuyen por todo el cuerpo (los intestinos, el hígado, el estómago). También entienden que son el resul-

tado de las interacciones que se producen en el interior y el exterior, por ejemplo, la herencia genética, el microbioma, su entorno, el medioambiente, etc.

La acción humana no puede entenderse solo como la manifestación de los procesos racionales. Antes bien, parece ser la expresión de un flujo continuo de interacciones, interacciones cuyas trayectorias son no-lineales. El funcionamiento de la mente puede deberse al acatamiento de las propiedades cuánticas, ya que en la vida estas son más comunes de lo que, a veces, estamos dispuestos a reconocer. Es posible que estas también estén involucradas en dinámicas todavía más misteriosas.

Por cierto, esto no quiere decir que el médico vaya a dejar de pedirle al paciente que atienda a sus recomendaciones. Simplemente, debe prestarle más atención al modo como sigue el tratamiento y continuar en la búsqueda de otras alternativas, aun cuando estas parezcan algo irracionales.

5.

**Cómo empezó
la vida**

McFadden y Al-Khalili (2019), en *¿cómo empezó la vida?* despliegan un intrigante proceso de reflexión. Este comienza con una narración aparentemente desligada de la biología, la química y la física cuántica. Introducen a los lectores en sus razonamientos y juegan de manera muy hábil con los datos, las preguntas y las suposiciones. Estas líneas no ofrecen conclusiones precisas ni definiciones certeras o comprobadas sobre el origen de la vida; sin embargo, ponen a pensar al lector acerca de lo que esto significa.

La ciencia es un proceso que combina, no siempre de forma equilibrada o afortunada, a los métodos con las intuiciones, a las mediciones con las suposiciones y a las observaciones con las ideas. Esto genera una serie de preguntas: ¿cuál es el punto de encuentro de estas dos aristas?, ¿acaso deberían encontrarse? La construcción de conocimiento fiable, aplicable, constatable y útil es un reto permanente.

Tal vez por esto hagan tanto énfasis en las metodologías de investigación que recurren a una serie de pasos y secuencias, a fin de encontrar (supuestamente) la respuesta a las preguntas que se formulan sobre un fenómeno determinado. En la actualidad, muchas personas tienen claro que este conjunto de procedimientos racionales no siempre logra solucionar esas inquietudes o esos vacíos que hay acerca de la comprensión del mundo. Sin embargo, a veces no queda otra opción que llenarse de jerga técnica y artilugios adornados con fórmulas matemáticas o técnicas estadísticas. Desde luego, la investigación social o cualitativa no puede evitar el uso de etnografías, entrevistas, grupos focales y demás instrumentos.

A estos se suman, las nuevas herramientas informáticas, el último *software* para el tratamiento y el análisis de los datos numéricos y los textos provenientes de relatos de todo tipo. Es imposible que en una investigación no los usen y, aun así, lleguen a presentar de forma “científica” las conclusiones.

¿Cómo llegó a conocerse el mundo antes de que existieran todos estos artilugios? El cerebro humano es capaz de integrar el sinnúmero de datos que se le presentan de distintas formas al enorme aparato sensorial. Las conexiones nerviosas, las áreas corticales y extra corticales, ubicadas en el encéfalo y otras zonas, reúnen y producen los mapas que permiten moverse por este planeta. A partir de estas, los investigadores crean explicaciones, algunas mejores que otras, sin duda, pero todas más o menos útiles, que pretenden asegurar la supervivencia de la especie.

Dennet (2015) decidió ocuparse de estas cuestiones y, en consecuencia, postuló un conjunto de herramientas manuales de la mente; herramientas que diferían de las máquinas precisas y sistemáticas de la ciencia y las matemáticas: “Algunas de estas son: las etiquetas, los ejemplos, las analogías, las metáforas, los andamiajes y las bombas de intuición” (p. 15).

Para Dennet (2015), las etiquetas son útiles; baste, como muestra: las advertencias y las alarmas; los ejemplos, al igual que las analogías y las metáforas, facilitan la comprensión de un fenómeno nuevo o desconocido a partir de una comparación tácita con uno ampliamente conocido; los andamiajes son una estructura que se construye con el propósito de abordar distintos problemas de forma conjunta; las bombas de intuición son experimentos mentales de diversos tipos “y tienen como *leitmotiv* la seducción de las masas” (p. 226) y, además, están orientadas a “ponerse meta”, es decir, “pensar cuidadosamente los métodos” (p. 18) y, por último, el lenguaje es una herramienta de pensamiento y cada palabra lo expresa con contundencia.

Esta es una invitación para que los estudiantes se arriesguen y pierdan el miedo a cometer errores en sus razonamientos. El entorno académico permite generar una idea y apostarle todo, aunque sea totalmente absurda. Les sugerimos que avancen sin reparos hacia eso que están

pensando, hacia nuevas posibilidades, pues solo de esta manera podrán producir nuevos saberes, teorías o tecnologías. Dennet (2015) afirma que: “Cometer errores es la clave del progreso” (p. 25).

Pero, a veces, olvidamos el contexto en el cual se encuentran. En la mayoría de las actividades humanas los errores son vistos de forma negativa y, por esto, los individuos los perciben como un fallo personal. Por ejemplo, los estudiantes y los investigadores en el área de la salud son conscientes de que una acción errada puede tener consecuencias catastróficas y letales. De modo que no es fácil seguir esta recomendación que suelen repetir incansablemente.

La academia permite (o debería permitir) este ejercicio, pese a que en la sociedad sea muy mal visto. Esta información aparece entre paréntesis porque en la formación académica, especialmente en los niveles básicos e intermedios, castigan a quien comete errores con mucha severidad. Las penalizaciones tienen efectos negativos en la autoestima y, en ocasiones, conlleva a que el desarrollo de las competencias se vea obstaculizado. Además, los estudiantes dejan de buscar nuevas perspectivas por temor al fracaso o a las reprimendas. En definitiva, no resulta extraño que más tarde les cueste tanto trabajo deshacerse de estas ataduras ni que opten por hacer una apuesta más conservadora en lo que al conocimiento y la investigación se refiere.

La filosofía, en todos los campos de investigación, es lo que tienes que hacer mientras averiguas cuáles son las preguntas que deberías haber planteado desde un principio. A algunos les molesta que eso pase. Preferirían tomar sus preguntas del perchero, todas muy bien confeccionadas, limpias y planchadas, y listas para responderse. Los que se sientan así pueden hacer física, matemáticas, historia o biología. (Dennet, 2015, p. 25)

Los filósofos son los que tienen esa envidiable habilidad para aprovechar los errores y cometerlos una y otra vez sin inmutarse. Dennet (2015), quien estudio filosofía, afirma que son: “La única oportunidad para aprender o hacer algo verdaderamente nuevo” (p. 26). Su argumento es evolucionista porque considera que la vida avanza gracias a la combinación del ensayo y el error, es decir, sin los errores no habría evolución.

Taleb (2019), quien refuerza esta idea en toda su obra, promueve la obtención del conocimiento mediante la experiencia en cuanto manifiesta que esta es un medio idóneo para comprender a cabalidad un hecho o un fenómeno determinado. El saber alcanzado a través del juego, el ensayo y el error “es inmensamente superior al obtenido a través del razonamiento” (p. 24).

Muchas ideas han llegado a desarrollarse porque quienes las conciben toman riesgos, aun cuando puedan convertirse en el blanco de las críticas y las comunidades científicas las rechacen con vehemencia. Algunas de las hipótesis que son criticadas y descartadas en un principio, con el paso del tiempo logran ser reconocidas o altamente valoradas. Lo que Taleb (2019) denominó como la prueba del tiempo no es más que un reconocimiento de las ideas, las nociones y las prácticas que, aunque fueron debatidas con tenacidad, llegaron a ser válidas y tener una gran utilidad en diversos contextos. Por ejemplo, el uso de un medicamento por largo tiempo da muestras de su eficacia y seguridad. Esto contrasta con el creciente énfasis en la búsqueda de novedades en todos los campos del conocimiento y las acciones humanas.

McFadden y Al-Khalili (2019) expusieron razonamientos y argumentaciones que no solo se destacaron por ser brillantes y atractivas, sino por poseer un gran andamiaje conceptual. Sus objetivos eran: brindar una explicación acerca de fenómenos como la conciencia (capítulo 8) y el

origen de la vida (capítulo 9); acuñar nuevas explicaciones y remover las fronteras del conocimiento.

En los primeros capítulos de su libro analizaron fenómenos como: la acción enzimática, la magnetocepción de las aves y los sistemas fotosintéticos. Cabe señalar que emplearon la coherencia cuántica y el efecto túnel para postular, con claridad, respuestas relacionadas con los sistemas fotosintéticos.

Según Deutsch (1999), la resolución de los problemas implica justamente un ejercicio creativo, que parte de una sensación de insatisfacción ante las explicaciones aceptadas por las comunidades científicas. Así, la ciencia recobra su carácter creativo. El autor designó como pensamiento creativo: el uso de teorías conocidas en el desarrollo de explicaciones sobre fenómenos o acontecimientos desconocidos.

Por otra parte, después de observar y construir el problema científico, el investigador tiene que elaborar la “conjetura” (Deutsch, 1999, p. 55). Esta consiste en proponer ideas y explicaciones novedosas que mejoren o complementen las existentes. La solución de un problema es un proceso abierto e incesante, ya que todas las explicaciones son provisionales.

Lo expuesto hasta el momento es consistente con el trabajo que realizaron McFadden y Al-Khalili, pues aplicaron conceptos de la física y la mecánica cuántica en fenómenos de la biología molecular, fenómenos que ocurren a una escala muy pequeña. Además, llenaron con sus conjeturas algunos vacíos e inconsistencias halladas en las teorías previas. Los autores lo hicieron a partir de los conocimientos más afianzados sobre los campos electromagnéticos. Esto los llevó a construir una nueva explicación acerca de la coordinación de los impulsos nerviosos en el cerebro y de la “sincronía” entre las neuronas (2019).

Los autores mencionaron que habían descartado algunas explicaciones sobre la conciencia. Entre estas se

encontraba la hipótesis de la conciencia cuántica, de Penrose y Hameroff (2009), quienes expusieron que el efecto de entrelazamiento y superposición ocurría en los microtúbulos y, por esto, era posible que una neurona se conectara con otras mediante la acción a distancia. Dennet (2015), también criticó esta conjetura y la descartó como una explicación consistente acerca del fenómeno de la conciencia y la transmisión de los impulsos nerviosos.

McFadden y Al-Khalili (2019) argumentan que los microtúbulos son estructuras muy grandes y, además, están compuestas por proteínas. Aunque fuera posible su entrelazamiento y su acción “fantasmal” a distancia, esta no duraría lo suficiente como para explicar la sincronía entre las neuronas separadas.

Como se mencionó anteriormente, Dennet (2015) crítica esta hipótesis a partir de la reducción del absurdo, que es su segunda herramienta de pensamiento. Si esto fuera cierto, en una cirugía de reimplantación de un miembro amputado (una mano, por ejemplo), los cirujanos tendrían que anestesiar la estructura amputada, ya que sus microtúbulos estarían produciendo sensaciones de conciencia y dolor. Las herramientas de pensamiento de Dennet son variadas e interesantes, por esto, sugieren caminos muy llamativos para debatir las ideas.

Con todo, el interés por la construcción de nuevas explicaciones hace que muchos continúen involucrados en la academia. Sin embargo, esto no significa que tengan una fe ciega en la cuantía de artículos publicados cada día en las revistas especializadas ni tampoco una necesidad permanente de certezas para vivir. Las hipótesis sobre el origen de la vida son numerosas y es evidente que existen contradicciones entre ellas. El papel que tiene la coherencia cuántica en este, singular, evento es aún desconocido, pero suena plausible en la argumentación de McFadden y Al-Khalili (2019). Estos autores advierten de nuevo que es

una situación hipotética, una especulación. De su lado tienen al robusto y creciente aparato teórico y matemático de la física cuántica; aparato que están acercando al campo de la biología.

Comprender el origen de la vida, como ellos mismos lo sugieren, exige de una explicación sobre el proceso de autorreplicación de los organismos vivos. Es bien sabido que los virus no tienen esta capacidad; por eso se introducen en las células, usan su material genético y sus ribosomas para reproducirse y generar copias de su propio ARN o ADN. Estas copias salen de las células y son lo que denominamos carga viral⁸. Lo opuesto ocurre con las bacterias y la clave está en la replicación del ADN mediante las enzimas de polimerasa, la acción del ARN mensajero y el ARN de transferencia (McFadden y Al-Khalili, 2019).

Los procesos de autorreplicación han sido objeto de interés por décadas. Por ejemplo, John von Neumann fue el creador del primer autómeta autorreplicante (Mitchell, 2009). Este era un programa que se replicaba a sí mismo y tenía los insumos necesarios para hacerlo; es decir, usaba el mismo mecanismo que le permite a las células duplicar su ADN⁹. En palabras de Mitchell (2009), lo que él hizo se conoce como modelo ideal (*idea model*), porque: “Es relativamente simple y útil para obtener información sobre conceptos generales sin la necesidad de hacer predicciones detalladas o específicas” (p. 211). Cabe señalar que la cien-

⁸ Actualmente, para que pueda detectarse el SARS-CoV-2 en las pruebas de PCR, deben existir como mínimo 10^5 viriones por mililitro. De lo contrario, el virus no sería detectable por los protocolos actuales y esto aumentaría la probabilidad de que los resultados fueran falsos negativos.

⁹ Sus aportes han sido fundamentales en la inteligencia y la vida artificial (Mitchell, 2009).

tífica estadounidense también reconoció que el modelo actuaba como una bomba de intuición, el tipo de experimento mental descrito por Dennet (2015).

Es importante que comiencen a examinar con total libertad determinados fenómenos o problemáticas, pues solo de esta manera podrán proponer explicaciones o soluciones novedosas. La tendencia a continuar con lo aceptado por miedo a la crítica o a la descalificación es, sin duda, un limitante para el pensamiento creativo.

Lamentablemente, una buena parte de la tradición escolar, en todos los niveles de formación, tiende a formular preguntas o plantear soluciones mediante formas previsibles y repetitivas, pues de esto depende que el conocimiento derivado sea reconocido y valorado. El apego a las reglas, los métodos y las estructuras es indudable, pero debe ser discutido y superado si realmente quieren encontrar nuevas y mejores explicaciones.

6.

**Lanzar la enfermedad
a la tempestad cuántica**

La vida requiere de diversas estrategias para mantener la coherencia en tiempos muy cortos, debido a que navega en el mundo clásico y el cuántico a la vez. La salud, como la existencia, no se resiste a las aguas de la termodinámica ni a la falta de melodía de los conciertos ruidosos, que están atestados de personas. Cuando la enfermedad se acerca a las corrientes turbulentas de la termodinámica, la salud emprende una huida sin éxito y termina por sumergirse aún más en la decoherencia.

En nuestra realidad, léase como la realidad porque es clásica, la enfermedad es tan cierta como la salud. Sin embargo, es importante mencionar que ni teniendo una visión positiva puede llegar a aceptarse la salud como algo palpable, mientras que con la enfermedad ocurre todo lo contrario, pues es posible verla, medirla y diagnosticarla con una precisión única.

Según McFadden y Al-Khalili (2019), la realidad física está integrada por tres niveles: primero, la superficie es aquella capa donde se ubican todos los objetos que son macroscópicos para el ser humano. Su comportamiento es esencialmente clásico y responde a muchas de las leyes de la mecánica newtoniana; segundo, en el nivel termodinámico aparece la acción de los líquidos y los gases, además, es posible ver como surgen algunos procesos cuánticos y tercero, los fotones, los electrones, los átomos, las moléculas y las partículas tienen un comportamiento que representa al mundo cuántico en su máximo esplendor.

Aunque sería formidable afirmar que los seres humanos se encuentran parados sobre la capa intermedia, lo cierto es que apenas logran ubicarse, y de manera parcial, en el primer nivel. Allí pueden observar los objetos macroscópicos que componen su perspectiva parcial de la vida. Sin embargo, el problema no es que estén parados sobre la superficie, sino que sus sentidos engañosos los lleven a creer que pueden conocerlo todo desde ahí. En ese

sentido, como su concepción de la existencia es semejante a una ilusión óptica, puede truncarse por completo cualquier posibilidad de migrar hacia una visión más profunda del origen de la vida.

Desde el punto de vista de la salud, la enfermedad está ubicada justo en la superficie: “Partícula localizada y fija en una única posición” (McFadden y Al-Khalili, 2019, p. 372). Esta tiene un comportamiento clásico, así como todos los macroelementos que la componen. Por su parte, la vida aparece y se desarrolla en el tercer nivel, aunque culmina tristemente en la superficie. Los seres humanos ven la realidad a través de un filtro de decoherencia, filtro que despoja a los objetos más grandes de su extrañeza (McFadden y Al-Khalili, 2019). Para las mentes clásicas, la rareza no está en la enfermedad, sino en la salud, la alegría, la cooperación y las manifestaciones de la vida; es decir, en todo aquello que no puede verse a gran escala (lo micro y lo nano) y hace posible la vida.

Dado que la enfermedad es una partícula localizada y sin mayor dinamismo, la salud puede llegar a entenderse como una onda o un conjunto de partículas, que, en ocasiones, actúa de manera semejante a una onda. El comportamiento de una partícula es discreto, mientras que el de la onda es continuo. Pese a que su actuar continuo se parece al de la luz, no debe olvidarse que esta radiación electromagnética es un flujo de partículas discretas, que son conocidas como fotones. “No obstante, cada una de esas partículas sigue teniendo una frecuencia asociada y de alguna manera se suman para dar un patrón de interferencia, como haría una onda” (Orzel, 2009, p. 30).

No está demás resaltar algunas diferencias importantes entre las ondas y las partículas: primero, las ondas no tienen una posición determinada, es decir, pueden estar aquí y allá al mismo tiempo, mientras que las partículas poseen una ubicación específica dentro de un espacio defi-

nido; segundo, las ondas no pueden contabilizarse, aunque es posible determinar, en un área concreta, el número de valles y crestas de una onda. Sin embargo, las partículas si son cuantificables (Orzel, 2009).

Estas diferencias entre las partículas y las ondas permiten que llegue a comprenderse mejor uno de los planteamientos de McFadden y Al-Khalili (2019). Me refiero al efecto cuántico de Zenón, porque la evidencia ha demostrado que el comportamiento de una onda o una partícula depende mucho del observador. El efecto cuántico de Zenón refiere que una de las consecuencias de las mediciones frecuentes es la inhibición de las transiciones de los procesos cuánticos. “La observación de que el estado no se ha deteriorado provoca el colapso de la función de onda” (Itano et al., 1990, p. 45).

El efecto cuántico de Zenón significa que: “Las observaciones continuas pueden impedir que ocurran acontecimientos cuánticos” (McFadden y Al-Khalili, 2019, p. 320). Desde este punto de vista, la enfermedad es el mejor ejemplo del colapso de la función de onda, pues al ser un estado definido, estático y con características bien establecidas, es inmutable. Como la salud y la vida son estados superpuestos y delimitados, su medición puede alterarse y derivar en una afección. De esto puede concluirse que la enfermedad es producto de una intervención abrupta de lo clásico sobre los procesos cuánticos, es decir, una manifestación de la capa macroscópica que trata de omitir los procesos microscópicos.

Es importante entender los planteamientos de la biología cuántica a la luz de la relación dicotómica entre la salud y la enfermedad. En principio, por difícil que parezca, debe asumirse que esta última es eminentemente clásica, mientras que la salud tiene que ver con unos procesos cuánticos que cooperan entre sí, a fin de mantener la coherencia de la vida.

Cuando el observador mira de forma continua o ininterumpida, la decoherencia tiene lugar y la vida colapsa. Por su parte, como la salud es sinónimo de la coherencia cuántica, la enfermedad no cesa de desplomarse en el mundo clásico. La existencia siempre está al límite, es decir, a punto de cruzar esa frontera entre la coherencia y la decoherencia. Por ejemplo, esto ocurre cuando interactúa con muchas variables.

La vida siempre está al límite de una tempestad (McFadden y Al-Khalili, 2019); sin embargo, no se resiste, sino que se embulle en la tormenta, a fin de lograr que las vibraciones trabajen al compás de la coherencia. Dado que esto puede llegar a ser sorprendente en el mundo clásico, surgen diversos interrogantes entre los cuales se destaca, por ejemplo: ¿cómo nos salimos de las indefensas y pasivas aguas que propone una visión centrada en la enfermedad, para adentrarnos en las turbulentas, termodinámicas y provocadoras aguas a las que nos invita la vida desde la perspectiva cuántica?

McFadden y Al-Khalili (2019) sugieren, de manera tácita, una serie de elementos a partir de los cuales pueden plantearse dos respuestas. La primera nos obliga a desprendernos de una visión antropocéntrica de la vida. Es probable que las claves para conseguirlo se encuentren en una propuesta sobre su origen cuántico. Estas tratan de explicar los principios que tienen lugar en los organismos vivos, a fin de evitar el colapso de los sistemas cuánticos.

Sin embargo, para entender esto, solo nos queda tomar una decisión: la de esforzarnos por aprender a observar la vida, puesto que esta se comporta muy diferente ante nuestras miradas: “Desgraciadamente, tanto las interacciones externas como la propia fragilidad interna del entrelazamiento pueden destruir la coherencia y, por lo tanto, se hace difícil la observación y mantenimiento de los fenómenos de interferencia o enredo” (Campos, 2017, p. 28).

La segunda, por su parte, implica la superación de la dicotomía entre lo natural y lo humano. Los *Homo sapiens* deben aceptar que son parte de la naturaleza y han recibido una herencia importante de sus antepasados, es decir, los microorganismos y todas las manifestaciones de vida que se dieron antes de nuestra existencia. Además, “es difícil creer que la naturaleza no haya hecho un uso más inteligente de los efectos de la mecánica cuántica” (Abbott et al., 2008, p. 355). Por lo demás, hay que decir que la experiencia ha demostrado que cualquier tipo de tecnología descubierta por el ser humano ya se encontraba antes en la naturaleza (Campos, 2017).

Un ser humano es una parte del todo, llamado por nosotros “universo”, una parte limitada en tiempo y en espacio. Él se experimenta a sí mismo; sus pensamientos y sensaciones son como algo separado del resto-una especie de ilusión óptica de su consciencia (como se citó en Calaprice, 2005)

Sin duda, primero debemos sabernos como parte del todo y después, de la naturaleza. De esta forma, tendremos la capacidad para compartir nuestros sentidos cuánticos, que hasta ahora han sido inexplorados. En efecto, esto también nos permitirá acercarnos a una comprensión de la vida.

En lo que debe insistirse sin descanso es en afinar los sentidos clásicos, pues solo así podremos superar la decoherencia y hacer de la vida el objetivo de todas las disciplinas. Como los seres humanos no nos resistimos a navegar entre el mundo clásico y el cuántico, la única posibilidad que poseemos es la de ampliar nuestros sentidos. Si esto llegara a ocurrir, tendríamos acceso a una mayor comprensión de los procesos cuánticos que tienen lugar en los organismos vivos. Incluso, en un escenario más interesante y prometedor, estaríamos en la capacidad de reemplazar el enfo-

que de la enfermedad por la constitución de la vida, que es la fuente de inspiración de la salud. Sin embargo, antes nos veríamos en la obligación de lanzar la enfermedad a las aguas turbulentas de la cuántica y a enfocarnos en aprovechar las vibraciones de la vida, y no en apagarlas.

7.

Homeostasis cuántica: un término clásico en el límite de una tempestad cuántica

Quien estudia la existencia orgánica
primero expulsa el alma con rígida persistencia;
Después ya puede considerar y clasificar
las partes que quedan con las manos
Pero, ¡ay! El vínculo espiritual se pierde.

Goethe, *Teoría de la naturaleza*

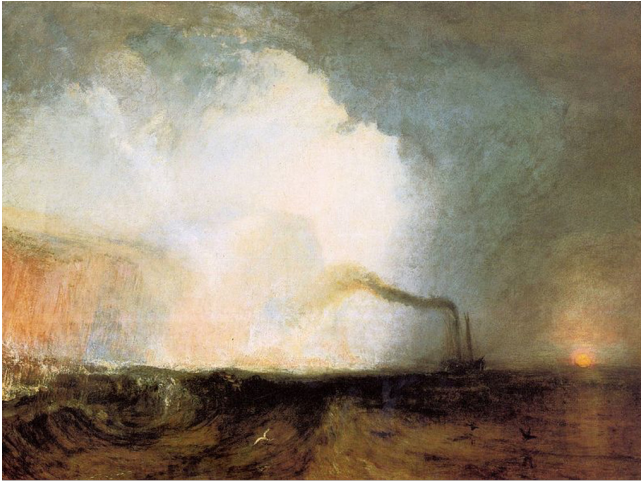
En Staffa, una de las Islas Hébridas ubicadas al oeste de Escocia, hay una cueva marina llamada la gruta de Fingal. Está formada por columnas de basalto hexagonales. Algunos sospechan que fueron originadas por el flujo de la lava. Su tamaño, su techo de arcos naturales y los escalofriantes sonidos, que son producidos por los ecos de las olas, le dan el ambiente de una catedral natural. Sin duda, es una maravilla de la naturaleza.

William Turner, quien es un reconocido pintor inglés, viajó a Escocia¹⁰ con el fin de: visitar lugares vastos e inhóspitos, buscar nuevas experiencias, contemplar la belleza de la naturaleza, el poder del mundo natural y, además, ilustrar *Poetical Works*, de sir Walter Scott; sin embargo, una tormenta puso en riesgo su vida. En este encuentro con lo agreste y lo salvaje, Turner no solo se sintió pequeño e indefenso, sino asombrado por la belleza, la magnitud del cosmos y sus enigmas.

Turner encontró en este momento una fuente de inspiración e hizo una pintura. Allí plasmó esa naturaleza grandiosa, abundante y salvaje. Esta obra es, sin duda, una metáfora del encuentro entre el paisaje colonizado por el hombre, representado por la embarcación, y las fuerzas desenfrenadas de la naturaleza. No obstante, el arte es plurívoco y el barco a vapor podría representar al mecanicismo entrando en la tempestad de la termodinámica, así como lo hacen McFadden y Al-Khalili.

¹⁰ Los artistas románticos estaban movidos por la nostalgia del afuera; de ahí que emprendieran viajes, más o menos cortos, para buscar nuevas experiencias.

Figura 1



Staffa, Fingal's Cave. Turner, W. (1831-1832). Staffa, Fingal's Cave [Pintura al óleo]. Centro de Arte Británico de Yale.

La biología no estuvo exenta de sufrir cambios durante esta reacción revolucionaria contra el racionalismo de la Ilustración y el Neoclasicismo. *El hombre máquina*, de La Mettrie, ilustra en muchos sentidos un pensamiento típico alrededor de la biología: el mecanicismo. A medida que la postura mecánico-racionalista se instauraba en Europa, un puñado de enciclopedistas reaccionaban a esta mecanización de la vida. A Rousseau y William Blake, quien llegó a calificar de satánico al espíritu geometrizador, se les sumaron poetas, pintores y músicos. Ellos, como Goethe, creían que el mundo físico y matemático era inhóspito para el alma humana.

Es curioso que la metáfora empleada por McFadden y Al-Khalili, en *Biología cuántica referente a la vida en el límite cuántico de una tempestad clásica*, resulte ser una tormenta. Y digo curioso porque Claude Bernard, quien en su infancia

no fue ajeno al ambiente romántico, ya que quiso dedicarse al teatro y la escritura de guiones, utilizó la poesía propia de la época para inmortalizar en una expresión su visión temprana de la vida: la condición de la vida libre es la constancia del medio interno. De hecho, con la metáfora del medio interno estaba refiriéndose al “mar interior”, es decir, a las células oscilando al vaivén de la variación del espacio extracelular.

Todos estos datos, que parecen inconexos, son postulados con el fin de desarrollar las siguientes ideas: primero, cuando la estabilidad cuántica le sirve de soporte a la turbulencia termodinámica, se está nutriendo la homeostasis; por esto, es posible escribir sobre la homeostasis cuántica; segundo, la homeostasis, entendida como un imperativo vital, se nutre de la idea cuántica sobre los motores de la vida y tercero, pretende rememorarse al vitalismo de la época romántica, puesto que los autores sugieren que la “chispa” cuántica es un motor de la vida.

7.1. La navegación como ilustración de la vida

En el libro *Biología al límite*, los autores se empeñan en hacerle ver al lector que la mecánica cuántica es el cimiento de la realidad física. Mediante ejemplos biológicos explican: los niveles discretos de energía, la dualidad onda-partícula, la coherencia, el enmarañamiento y el efecto túnel. Los arquetipos también le permitirán observar que los avances científicos tienen una correspondencia con la vida biológica.

En el capítulo final, *Biología cuántica: la vida en el límite de una tempestad*, integran en tres niveles a la realidad física de la vida. En la superficie están los objetos macroscópicos cotidianos. Su comportamiento se ajusta a las leyes del movimiento de la mecánica newtoniana. Esto presupone el

uso de conceptos tan familiares como: la velocidad, la aceleración y la fuerza. La capa intermedia es el estrato termodinámico. Allí describen el comportamiento de los líquidos y los gases. En el tercer nivel, el más profundo, están los cimientos de la realidad, es decir, el mundo cuántico (McFadden, y Al-Khalili, 2019).

El estudio de los fenómenos vivos tendrá múltiples delimitaciones; sin embargo, las que más se destacan son: el nivel de organización donde se encuentra ubicado, el interés del observador, el método utilizado para el análisis y el fenómeno de la coherencia. Este último impide que se lleve a cabo una exposición acerca del efecto del mundo cuántico en los otros niveles de organización. No obstante, todos los niveles dotan a la vida de una especie de ventaja rígida, que conecta a lo molecular con lo macroscópico. Por esta razón, los acontecimientos cuánticos, que ocurren dentro de las biomoléculas individuales, repercuten en todo el organismo.

En el centro de esta comprensión se encuentran las interrelaciones. Sin embargo, la complejidad adquiere un papel central en este ejercicio, debido a que permite estudiar la diversidad de formas que adquiere el movimiento aleatorio o caótico, cuyo objetivo es generar orden a través del fenómeno de la autoorganización.

7.2. Homeostasis cuántica

Hemos revisado el concepto de homeostasis en una serie de textos que pertenecen a la colección *Documentos de investigación en complejidad y salud*. Parece que el término, acuñado hace cien años, se resiste a perder vigencia, así que resignificarlo y complementarlo a partir de la complejidad y el mundo cuántico, solo acrecentaría su valor. El concepto ha sido interpretado y modificado un sinnúmero de veces.

Claude Bernard despojó al medio interno de toda poesía y enclaustró a la homeostasis en la rigidez determinista, que muchas veces supone. A la empresa bernardiana lo que más le importaba era la invarianza de la naturaleza medible y replicable en el mundo macroscópico; no obstante, una empresa semejante es imposible en el mundo termodinámico.

Por fortuna, en *El extraño orden de las cosas*, Damasio menciona que hay una gran variedad de homeostasis. Así que no es descabellado fundamentar este término en la estabilidad cuántica y, además, emplearlo para explicar el dinamismo termodinámico. Esta nueva usanza no solo ayudaría a identificar, sino a fijar como un imperativo vital al delicado límite que hace posible la vida en el mundo macroscópico.

La esencia de la homeostasis es: la gestión de la energía y su transformación (Damasio, 2018). En el mundo cuántico, los fenómenos persiguen la eficacia de la energía y su permanencia constante y coherente en el metabolismo. Hay una relación, cuando no una tensión, entre la invarianza cuántica y la tormenta termodinámica, la cual es convertida en numerosas variables del medio interno, a fin de mantenerla dentro de unos márgenes estrechos y, además, garantizar la prolongación de la vida. Lo anterior refuerza la idea de la célula como una región improbable.

Las células, los tejidos, los órganos y los cuerpos, que se mueven gracias a un billón de fenómenos cuánticos, abandonan el terreno de lo improbable y se posan en el plano de lo bello. Las dinámicas macroscópicas, que ocurren a partir de “equilibrios” cuánticos, nos evocarán la definición resignificada de homeostasis: equilibrio dinámico o imperativo vital, desde un punto de vista poético.

Por otra parte, este proceso llega a entenderse como una capacidad de la vida para aprovechar las tormentas y los vendavales termodinámicos. Su objetivo es conservar la estasis, que es su conexión con el ámbito cuántico más profundo.

7.3. Biología cuántica al borde del vitalismo cuántico

La célula, aquella región improbable que experimenta el resquejamiento de lo cuántico y lo clásico, es la que se lanza a las aguas turbulentas de la termodinámica. Se encuentra en un medio interno donde el pH, el balance hidroelectrolítico, los gradientes y la temperatura se sirven de olas que hay que surfear. Esta unidad fundamental de los organismos vivos penetra la capa cuántica de la realidad y, por lo tanto, puede captar fenómenos, tales como: el efecto del túnel o el enmarañamiento. Lo anterior sirve como soporte para la siguiente premisa: la vida es capaz de sostener su estado vivo (Damasio, 2018).

Cuando la homeostasis, que ahora se comprende como un imperativo vital, se sostiene en las células vivas, permite que se establezca una conexión con el ámbito cuántico. Por lo demás, estas unidades fundamentales de los organismos vivos utilizan las tormentas termodinámicas para mantener la coherencia cuántica.

En el momento en que el organismo entra en la dinámica de la enfermedad, queda una noción fisiopatológica en el cuerpo, aquella que sorteó la tormenta termodinámica que se evidencia en el mundo macroscópico. La medicina es pre-cuántica, mientras que los discursos de lo vivo y la vida serán, en efecto, el espacio de la biología cuántica. La muerte quizá representa una ruptura entre el organismo vivo y el ámbito cuántico ordenado, lo cual le impide resistirse a las fuerzas desordenadas de la termodinámica (Mcfaden y Al-Khalili, 2019).

La idea de la biología cuántica hace que persista la pregunta acerca de la vida. Aunque existía la intención de revelarse como lo románticos, poco o nada se pudo hacer

para no sucumbir al positivismo adoptado por la medicina¹¹. Atrás quedaron los filósofos naturalistas, quienes tenían una idea vitalista del ser, pues la fenomenología se encargó de recoger, en parte, aquellos planteamientos donde la existencia era concebida como una experiencia. La cuestión es que en las escuelas de Medicina esta continúa siendo un fenómeno físico y, por ende, de fenomenología poco o nada.

Los autores se plantearon las siguientes preguntas: ¿esta nueva comprensión de la vida puede sustituir el alma por una chispa vital cuántica?, ¿si los sentimientos son la expresión mental de la homeostasis, el espíritu, como experiencia subjetiva del estado vital, vendría siendo la expresión vital de la homeostasis cuántica? Estos interrogantes relievan que hay otros resquicios por indagar.

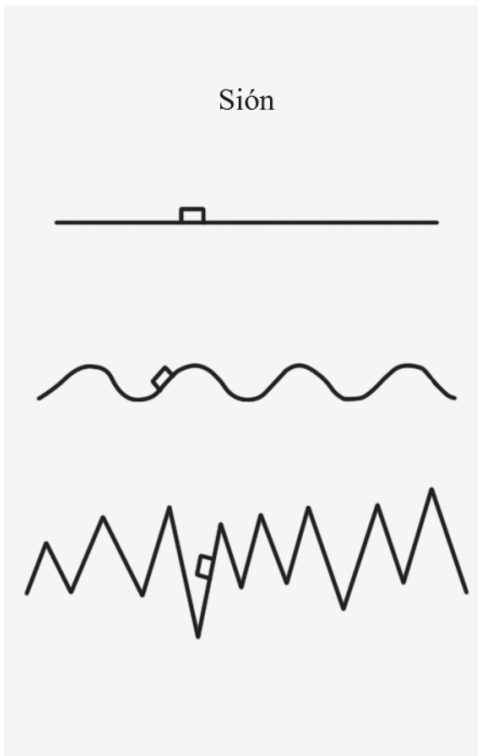
Es vitalista toda posición donde se admita que: “los fenómenos de la vida poseen caracteres *sui generis*, por los cuales ellos se diferencian radicalmente de los fenómenos físicos y químicos, manifestando así la existencia de una fuerza vital irreductible a las fuerzas de la materia inerte” (Caponi, 2018, p. 51). Esta postura la compartía Xavier Bichat, quien fue identificado como la contraparte científicista de Claude Bernard.

El fisiólogo francés defendió una idea que consistía en sustraer la vida de toda regularidad que permitiese calcular las reacciones orgánicas en función de una descripción numérica de los fenómenos considerados como sus causas legítimas (Caponi, 2018). Lo anterior le abrió la puerta a la variabilidad, las emergencias, la autoorganización y los fenómenos cuánticos, que hacen eco en una postura radicalmente opuesta a la de Bernard.

¹¹ Esto aconteció gracias a La introducción a la medicina experimental de Claude Bernard. En este libro se fundamentó la fisiología moderna.

Finalmente, la idea de homeostasis cuántica, como postulado no concluso, solo me permite apelar a la poesía de Roberto Bolaño. McFadden y Al-Khalili son unos detectives salvajes porque recolectan pistas que giran en torno a la biología cuántica y, además, terminan uno de sus textos con una metáfora de navegación.

Figura 2



Nota: Esta gráfica fue tomada de la novela *Los detectives salvajes*, de Roberto Bolaño.

Bibliografía

- Abbott, D., Davies, P., & Patti, A. (Eds.). (2008). *Quantum Aspects of Life*. Illustrated Edition.
- Andrade, E. (2019). La decoherencia cuántica y la formulación de una noción de información aplicable a la biología. *Momento*, 0(59E), 124-146. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/momento/article/view/81666>
- Asano, M., Basieva, I., Khrennikov, A., Ohya, M., Tanaka, Y., & Yamato, I. (2013). A model of epigenetic evolution based on theory of open quantum systems. *Systems and Synthetic Biology*, 7, 161-173. <https://doi.org/10.1007/s11693-013-9109-3>
- Bedolla, C., y Guzikb, A. (2011). La biología cuántica: ¿un nuevo campo de la química? *Educación Química*, 22(1), 8-11. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2011000100002
- Bell, J. (1964). On the Einstein Podolsky Rosen paradox. *Physics*, 1(3), 195-200. https://cds.cern.ch/record/111654/files/vol1p195-200_001.pdf
- Bibeau, G. (1997). At work in the fields of public health: the abuse of rationality. *Medical Anthropology Quarterly*, 11(2), 246-251. <https://doi.org/10.1525/maq.1997.11.2.246>
- Bolaño, R. (1998). *Los detectives Salvajes*. Editorial Anagrama.
- Calaprice, A. (2005). *The New Quotable Einstein*. Princeton University Press.
- Campos, J. (2017). *Quantum origin of life: methodological, epistemological and ontological issues*. Ediciones Complutense.
- Caponi, G. (2018). *Determinismo y organización. Fundamentos y límites del programa de Claude Bernard*. Editorial Universidad El Bosque; Editorial Universidad Nacional.
- Damasio, A. (2019). *El extraño orden de las cosas: La vida, los sentimientos y la creación de las culturas*. Ediciones Destino.

- Dennet, D. (2015). *Bombas de intuición y otras herramientas de pensamiento*. Fondo de Cultura Económica.
- Deutsch, D. (1999). *La estructura de la realidad*. Editorial Anagrama.
- Gabora, L., Scott, E.O., & Kaufman, S. (2013). A Quantum Model of Exaptation: Incorporating Potentiality into Evolutionary Theory. *Progress in Biophysics & Molecular Biology*, 113(1), 108-116. <https://arxiv.org/abs/1310.0558>
- Gianoli, E. (2004). *Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas*. En H.M. Cabrera. (Ed.), *Fisiología Ecológica en Plantas* (pp. 13-26). Ediciones Universitarias Valparaíso.
- Itano, M., Heinzen, D. J., Bollinger, J. J., & Wineland, D. J. (1990). Quantum Zeno effect. *Physical Review A*, 41(5), 2295-2300. <https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.41.229>
- Johnson, S. (2008). *La mente de par en par. Nuestro cerebro y la neurociencia en la vida cotidiana*. Fondo de Cultura Económica.
- Loyd, S. (2007). *Programming the universe: A Quantum Computer Scientist Takes on the Cosmos*. Vintage.
- Mancuso, S., y Vittola, A. (2015). *Sensibilidad e inteligencia en el mundo vegetal*. Galaxia Gutenberg, S.L.
- McFadden, J., y Al-Khalili, J. (2019). *Biología al límite. Cómo funciona la vida a muy pequeña escala*. Editorial RBA.
- Melkikh, A.V. (2014). Quantum information and the problem of mechanisms of biological evolution. *BioSystems*, 115, 33-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystems.2013.10.005>
- Melkikh, A.V. & Khrennikov, A. (2017). Quantum-like model of partially directed evolution. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 125, 36-51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2016.12.005>
- Metzl, J., & Kirkland, A. (Eds.). (2010). *Against Health. How Health Became the New Morality*. New York University Press.

- Mitchell, M. (2009). *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press.
- Nagel, T. (2021). *Ensayos sobre la vida humana*. Fondo de Cultura Económica.
- Offord, C. (2019). Quantum Biology May Help Solve Some of Life's Greatest Mysteries. *The Scientist*. <https://www.the-scientist.com/features/quantum-biology-may-help-solve-some-of-lifes-greatest-mysteries-65873>
- Orzel, C. (2010). *How to Teach Quantum Physics to Your Dog [Cómo enseñarle física cuántica a tu perro]*. Scribner.
- Penrose, R., Hameroff, S., & Kak, S. (Eds.). (2009). *Consciousness and the Universe. Quantum Physics, Evolution, Brain and Mind*. Cosmology Science Publishers.
- Petersen, A.R., & Lupton, D. (2000). *The New Public Health: Health and Self in the Age of Risk*. Sage Publications.
- Ravindran, S. (2012). Barbara McClintock and the discovery of jumping genes. *PNAS*, 109(50), 20198-20199. <https://doi.org/10.1073/pnas.1219372109>
- Rovelli, C. (2018). *El orden del tiempo*. Editorial Anagrama.
- Rovelli, C. (2019). *La realidad no es lo que parece: La estructura elemental de las cosas*. Tusquets Editores.
- Schumacher, B. (1995). Quantum coding. *Physical Review A*, 51, 2738-2747. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.51.2738>
- Smith, C. (1977). *El problema de la vida. Ensayo sobre los orígenes del pensamiento biológico*. Alianza Editorial.
- Stones, R., Nejad, H., Grondelle, R., & Castro, A. (2017). On the performance of a photosystem II reaction centre-based photocell. *Chemical Science*, 8(10), 68-71. <https://doi.org/10.1039/C7SC02983G>
- Taleb, N. N. (2019). *Jugarse la piel. Asimetrías ocultas en la vida cotidiana*. Ediciones Paidós.
- Torday, J.S. (2018). The Singularity of nature. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 142(2019), 23-31.

<https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.07.013>
0079-6107

Zurek, W. (2018). Quantum reversibility is Relative, or do quantum measurements reset initial conditions? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 376(2123), 1-8. <https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0315>

Investigaciones en complejidad y salud

Facultad de Medicina

Grupo de Investigación en Complejidad y Salud Pública

n.º 14

Una mirada a la biología cuántica con un interés en la salud

Fue editado y publicado por la
Editorial Universidad El Bosque,
Diciembre de 2021
Bogotá, Colombia

