

Investigaciones en complejidad y salud

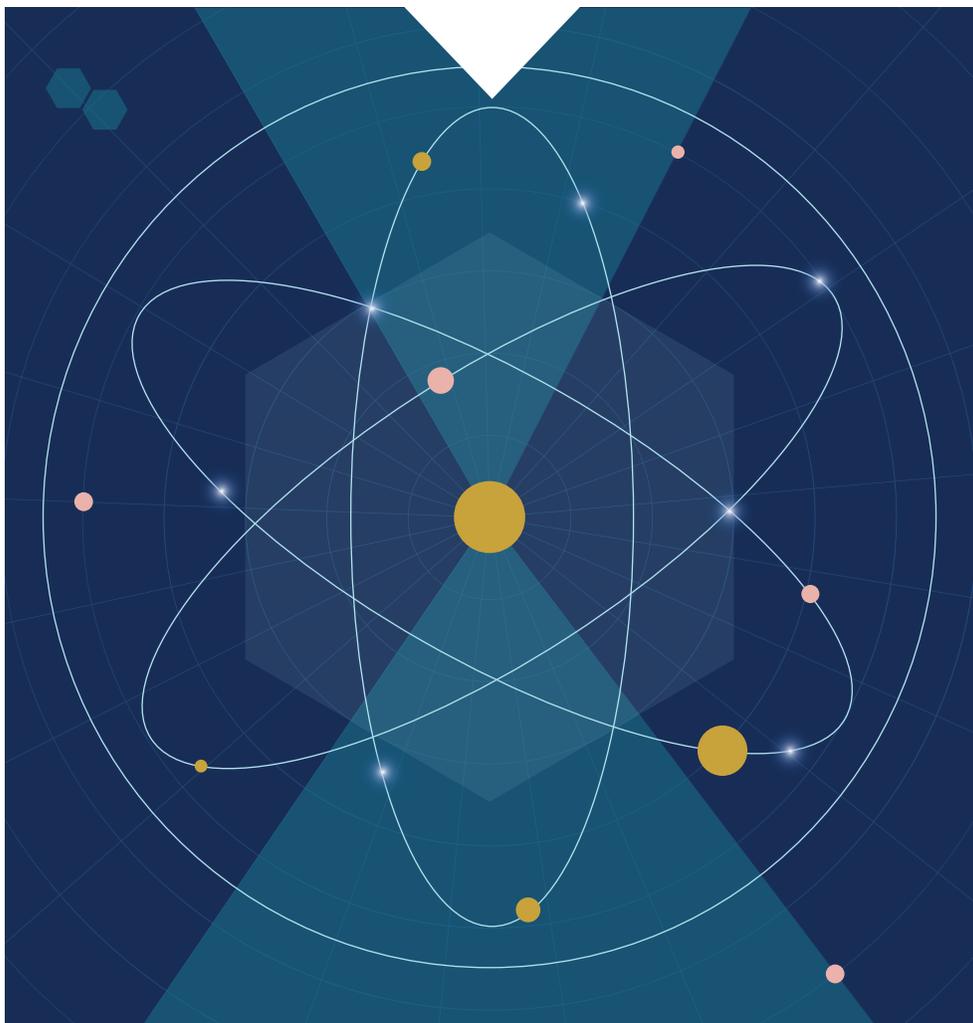
Facultad de Medicina

Grupo de Investigación Complejidad y Salud Pública

n.º 13

Año 3
septiembre-octubre 2021
ISSN: 2665-1564

Biología cuántica y ciencias de la salud: un diálogo posible



Carlos Eduardo Maldonado ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9262-8879>
Chantal Aristizábal Tobler ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-0628>
Hugo Cárdenas López ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2777-2997>
Luis Alejandro Gómez Barrera ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4054-9527>
Jorge Sandoval París ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3350-1795>
Daniela Arango Ruda ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7855-4060>
Eduardo Villar Concha ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5005-4099>
María Carolina Martínez R. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9843-4373>
Ana Camila García ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6370-6906>
Santiago Galvis Villamizar ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2015-7107>
Wilson Parra Chica ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5916-7014>

Año 3, n.º 13, septiembre-octubre 2021 | ISSN: 2665-1564

Investigaciones en complejidad y salud

Facultad de Medicina

Grupo de Investigación en Complejidad y Salud Pública

n.º 13

Biología cuántica y ciencias de la salud: Un diálogo posible

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

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

© Universidad El Bosque

© Editorial Universidad El Bosque

© Carlos Eduardo Maldonado

© Chantal Aristizábal Tobler

© Hugo Cárdenas López

© Luis Alejandro Gómez Barrera

© Jorge Sandoval París

© Daniela Arango Ruda

© Eduardo Villar Concha

© María Carolina Martínez R.

© Ana Camila García

© Santiago Galvis Villamizar

© Wilson Parra Chica

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.

570 M15b

Castañeda, Carlos Eduardo

Biología cuántica y ciencias de la salud: un diálogo posible / Carlos Eduardo Maldonado, Chantal Aristizábal Tobler, Hugo Cárdenas López, Luis Alejandro Gómez Barrera, Jorge Sandoval París, Daniela Arango Ruda, Eduardo Villar Concha, María Carolina Martínez R., Ana Camila García, Santiago Galvis Villamizar, Wilson Andrés Parra Chico -- Bogotá: Universidad El Bosque, 2022

60 p.; 14,5 x 21 cm (Investigaciones en complejidad y salud, 2665-1564; n.º 13)

Incluye tabla de contenido y referencias bibliográficas.

1. Complejidad (Filosofía) 2. Biología cuántica 3. Física cuántica 4. Teoría cuántica 5. Lógica cuántica I. Aristizábal Tobler, Chantal II. Cárdenas López, Hugo III. Gómez Barrera, Luis Alejandro IV. Arango Ruda, Daniela V. Villar Concha, Eduardo VI. Martínez R., María Carolina VII. García, Ana Camila VIII. Galvis Villamizar, Santiago IX. Parra Chico, Wilson Andrés X. Sandoval París, Jorge 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 sinfonía cuántica interpreta la complejidad de la vida Pág. 12

2 Biología al límite: cómo funciona la vida a muy pequeña escala Pág. 20

3 ¿Qué es la vida? Pág. 26

4 Expresiones colectivas de la vida Pág. 36

5 La acción enzimática: modelando y remodelando la vida Pág. 44
5.1. Una enzima muy particular Pág. 49

Bibliografía Pág. 54

Introducción

Aunque el periodo de incubación de la biología cuántica fue en los años treinta, esta no llegó a manifestarse plenamente hasta el siglo XXI por razones ajenas al ámbito científico. No obstante, durante este tiempo predominó la física cuántica y, en los últimos lustros del siglo XX, la química cuántica. Entre todas las ramas de la física, la más conocida por la mayoría de los académicos y las personas con cierto bagaje cultural es la física cuántica y, en especial, todo lo referente con su primera etapa, la cual comprendió las primeras tres décadas del siglo XX.

Este marco permitió contemplar, con cierta preocupación, que las ciencias sociales, humanas y de la salud seguían siendo consideradas como precuánticas. Es decir, conservaban la estructura mental de la mecánica clásica y, por ende, no escudriñaban en los temas, los ejes, los problemas, los fenómenos y las dinámicas propias de la cuántica. Es imperativo que estas ramas de la ciencia se actualicen, por así decirlo. Pues bien, es en esta dirección que va el texto.

Los autores están convencidos de que es posible un diálogo entre las ciencias de la salud y la biología cuántica. Esto propiciaría una serie de intercambios y aprendizajes de los cuales ambas terminarían beneficiándose; sin embargo, es la vida la que más saldría ganando, porque sería comprendida a profundidad.

Concertar un diálogo de esta magnitud no será una tarea fácil, porque en el ámbito de la salud hay un exceso de autoestima que, por lo demás, resulta en una abundancia de palabras vanas y ociosas referentes con la cuántica; por ejemplo, la sanación o la curación cuántica. Ante semejantes veleidades, no queda otro remedio que llevar a cabo un trabajo cuidadoso, denodado y riguroso para propiciar este encuentro entre la cuántica y la salud.

Los autores se propusieron emprender esta labor con el objetivo de reflexionar, comprender y explicar, en la medida de lo posible, la complejidad que supone la vida misma. Lo anterior lo hicieron a partir de una revisión bibliográfica, que les permitió brindarle a los lectores una visión actualizada, aunque resumida, de la producción intelectual sobre la biología cuántica.

Sin embargo, también se trató de un trabajo interdisciplinario, transdisciplinario o multidisciplinario, debido a que puso en diálogo a las ciencias de la complejidad y a los aportes más destacados de la historia, la literatura, la filosofía, la medicina, la sociología y la salud pública. Todavía cabe señalar que los lectores curiosos pueden comenzar a leer este trabajo por el final, es decir, la bibliografía, a fin comprender la amplitud y la solidez de la investigación llevada a cabo.

Los comportamientos y los fenómenos cuánticos, exhibidos en la conducta de numerosas especies animales, también pueden encontrarse en la base de las características y las propiedades de otros sistemas vivos. Se debe agregar que cuando se hace referencia a estas últimas, los autores emplean los términos de superposición, tunelamiento, indeterminación, no-localidad y entrelazamiento.

A pesar de que este es un tema reciente, muchos han mostrado interés por investigarlo de manera concienzuda, relievando que la interfaz entre la vida y la biología cuántica no se planteó como objeto de estudio al ser humano, sino al reino animal. Este abordaje es contrario al que pudimos divisar en la historia de las ciencias de la salud, pues su foco de atención siempre fue el *Homo sapiens*.

En este caso, el proceso investigativo comenzó con otras especies animales, tales como: los peces, las plantas y los patos, pero, de forma gradual, fue orientándose hacia los seres humanos. Es un camino atípico si lo ven con los

ojos de la tradición. Por otra parte, esta perspectiva analítica requirió de una mayor rigurosidad científica, dado que buscaban ampliar el campo de estudio y, además, abrir nuevas líneas y áreas de investigación. Entre estas se destaca la heurística y la metodología porque desplazan el foco de atención hacia los sistemas vivos.

La emergencia de una idea radical, a causa de estas consideraciones, plantea que el estudio de la complejidad le rehúye a una comprensión clásica de la vida o los sistemas vivos. Por esta razón, se fundamenta en argumentos físicos o físico-químicos. Pues bien, una nueva comprensión, hacia la cual también se orienta la salud, no se valdría de explicaciones semejantes y, por esto, adopta el mecanismo de la economía del lenguaje o el postulado de la navaja de Ockham.

Como se ha dicho, la biología cuántica demanda una comprensión diferente, ya que se caracteriza por su economía conceptual, epistemológica y teórica. Es importante que a partir de este trabajo pueda ampliarse y consolidarse. Es necesario recalcar que esta es la especificidad de las siguientes páginas.

Si bien, esta supone una aproximación diferente al tema en cuestión, también sostiene que los seres vivos poseen más cosas en común que diferencias entre sí. Es importante destacar que la genética, la genómica y las ómicas (biología de sistemas) han hecho aportes importantes en este sentido.

Puede decirse sin ningún tipo de rodeo, aunque para quien no posee mayores conocimientos en algunos temas referentes con la biología llegue a sonar como una especie de arcano, que los sistemas vivos son clásicos y, sin embargo, tienen sus raíces en el mundo cuántico. A causa de esto, surgen aspectos que son claves y deben explorarse aún más en las ciencias de la salud. Sin duda, el lector notará que el horizonte es difuso y remoto.

El mundo cuántico es coherente y armónico porque está compuesto por osciladores armónicos cuánticos¹. Pues bien, los autores también pretendían relieves el papel de las enzimas en el funcionamiento de los seres vivos y en la preservación de estos dos estados en su interior. De ahí que hayan hecho referencia a: Ovidio, Canguilhem, Berger, Feynmann, Foucault, Searle, Kauffman, Bach, Couperin, entre muchos otros.

La biología cuántica refuerza una idea que se opone a la de tradición, porque no existen reinos naturales y, además, el ser humano no ocupa un papel central o jerárquico en la evolución y la naturaleza. De consuno, la biología cuántica permite que la visión antropocéntrica llegue a naturalizarse y la existencia pueda observarse como un fenómeno complejo, cuyas raíces se encuentran en los principios y los comportamientos cuánticos.

Asimismo, la biología cuántica condujo a los autores a precisar que los biólogos cuánticos veían cosas y sabían cosas que los físicos cuánticos desconocían o habían pasado por alto. Es importante resaltar que no existen físicos o biólogos cuánticos, sino físicos o biólogos que estudian los fenómenos o los comportamientos cuánticos desde diferentes perspectivas.

Con el texto pretende dejarse abierta la puerta a otros diálogos. Es imperioso subrayar que es posible e indispensable comenzar a construir uno serio, riguroso y profundo entre las ciencias de la salud y la biología cuántica. Este encuentro, entre otras cosas, hizo posible que la enfermedad llegara a ser comprendida, explicada y manejada a partir de términos que le son propios a los sistemas clásicos. Al fin y al cabo, esto también ha sucedido con la

¹ En la mecánica clásica newtoniana también aparecían los osciladores armónicos, pero eran clásicos.

ayuda de la tecnología de punta, por ejemplo, la imagenología, porque trabaja con los principios cuánticos.

Por último, la salud y la vida requieren de un abordaje distinto y es el de la teoría cuántica, aunque con esta también surge la necesidad de una estructura de complejidad. Los autores se aventuran a plantear que la biología cuántica es un medio eficaz para avanzar hacia el cuidado y la preservación de la salud.

1.

**La sinfonía cuántica
interpreta a la complejidad
de la vida**

De acuerdo con Marais et al. (2018), el paradigma actual de la biología está centrado en la aplicación de los modelos de la ciencia clásica en los sistemas vivos. Para Torday (2016), esto supuso la adopción de una percepción del ciclo de vida de los macroorganismos, el cual inicia con el nacimiento y culmina con la muerte. Por su parte, en esta puede apreciarse una concepción del tiempo que deriva de la mecánica newtoniana, porque las etapas del desarrollo acaecen de manera secuencial, regular y continua.

Desde el siglo XVII, estos modelos se han empeñado en mantener una visión del mundo que se caracteriza por ser intuitiva y racional, debido a la introducción de concepciones binarias y fragmentarias e igualmente, de conceptos, tales como: la causalidad lineal y el mecanicismo. De ahí, surgió un proyecto de investigación, basado en el análisis y en la visión reduccionista, que permitió esclarecer la composición de las macromoléculas, las moléculas, los átomos y el ácido desoxirribonucleico (ADN).

Los modelos propiciaron el surgimiento de desarrollos científicos. Por lo demás, estos avances hicieron manifiesto que las células eran entidades cognitivas, debido a que poseían la capacidad para decidir e incidir en todo el espectro de la biología, es decir, en lo microscópico, lo unicelular, lo macroscópico y los organismos más complejos (como las plantas y los animales). Por otra parte, descubrieron que los macroorganismos formaban comunidades ecológicas (holobiontes) con la macrobiota.

Según Torday y Miller (2013), esta organización en redes celulares, que están dirigidas a la solución de problemas locales, no solo ayuda a que en el nivel celular acontezca una homeostasis dinámica, sino también posibilita la evolución epigenética. Esta propiedad de los organismos vivos llega a expresarse en diferentes escalas y en determinadas situaciones.

Por otra parte, el estudio de las partículas subatómicas abrió una nueva perspectiva. La cual se centra en el estudio de las partículas subatómicas, ocasionando la introducción de nuevos términos, tales como: la dualidad onda-partícula, la superposición de los estados, el tunelamiento, la indeterminación y el entrelazamiento cuántico. Estos se caracterizan por acontecer a escalas microscópicas o imperceptibles (nanómetros) y, además, en unidades de tiempo increíblemente cortas (femtosegundos).

Con frecuencia han tildado a estos conceptos como complicados, extraños y contraintuitivos. Según Marais et al. (2018), para algunos científicos, estos elementos son triviales, debido a que no desempeñan un papel determinante en la biología de los organismos.

Marais et al. (2018) menciona que la biología cuántica surge como un campo de investigación a través del cual los biólogos buscan comprender los fenómenos relativos a los sistemas vivos. Con este fin, emplean como instrumento de análisis la observación de las interacciones entre las dinámicas cuánticas y las partículas subatómicas, que hacen parte de toda la estructura elemental de la materia.

La mecánica cuántica no solo se aplica al mundo subatómico, que explica el universo, sino también al desarrollo y a la evolución de los sistemas biológicos. En el universo, las unidades más pequeñas son cuerdas de energía que vibran en diez u once dimensiones. De su combinación resulta a veces un organismo viviente y una variedad de apariencias existentes.

La evolución cuántica anuncia que el ADN se encuentra en estados cuánticos superpuestos, que, eventualmente, generan algunas mutaciones provechosas para el organismo. Los seres vivos pueden llegar a afrontar, modificar y adaptar sus estructuras para garantizar su supervivencia (Nemer et al., 2017).

La fotosíntesis, en las bacterias, las algas y las plantas, incluye un proceso de tunelamiento de electrones y protones. El proceso se lleva a cabo mediante rollos de moléculas de clorofila (reguladas por carotenoides). Estas son las encargadas de transferir la energía solar hacia el centro de reacción y, además, deben tener una eficacia del 98 % para sintetizar la glucosa y liberar el oxígeno.

La cinética enzimática acelera las reacciones químicas, que son necesarias para el metabolismo celular, a través de un mecanismo de teleportación cuántica. En este, los electrones y los protones saltan de un lugar a otro, es decir, desaparecen y reaparecen, a fin de incrementar, en enormes proporciones, la velocidad de estos cambios o fenómenos químicos.

Brookes, Nemer et al., Marais et al., McFadden y Al-khalili realizaron una serie de pruebas empíricas. Las cuales estaban relacionadas con los comportamientos cuánticos en algunos procesos biológicos, tales como: la fotosíntesis, la respiración celular, las reacciones enzimáticas, la magnetorrecepción, la olfacción y la visión. En una de estas pruebas, los investigadores sugirieron que las señales sensitivas del olfato utilizaban el efecto túnel para prender un receptor de membrana que está acoplado a las proteínas G y así, autoestimularse. Recordemos que estos receptores son sensibles a la vibración de diferentes fragancias e isótopos.

En la visión mecanicista, tan predominante en la biología, se utiliza la metáfora de la llave que encaja en una cerradura para aludir a los procesos de enzima-sustrato y señal-receptor. Las metáforas relacionadas con las nuevas teorías sugieren que hay un concierto de aromas (con frecuencia unidos a sabores) presentes en el mundo, lo cual genera sensaciones, percepciones, interpretaciones y memorias en los olfateadores y catadores. Lo anterior, llegó a

demostrarse a través de pruebas llevadas a cabo en abejas, moscas y humanos (Brookes, 2017).

Los seres vivos captan la información que hay en su entorno de diferentes maneras: primero, a través de la luz visible, la infrarroja o la ultravioleta; segundo, el contacto físico, que incluye las sensaciones placenteras y desagradables, tales como: las caricias, el dolor, la presión, la vibración y los sensores de *quorum* en el caso de las colonias bacterianas; tercero, los sonidos según su frecuencia (agudos, medios y graves) y cuarto, los olores y sabores. Sin embargo, la lista es más extensa, pues no pueden quedar por fuera la propiocepción, la electrorrecepción y la magnetorrecepción, entre otros.

Según lo mencionado por Fisher y Tilot (2019), la exposición a múltiples estímulos es capaz de generar información, siempre y cuando los sentidos actúen de manera recíproca. Esta actuación se da en algunos seres vivos de una manera más o menos notable; por ejemplo, la sinestesia tacto-espejo está relacionada con índices mayores o menores de empatía y comportamiento prosocial en los seres humanos.

Gracias a la aparición de las culturas ágrafas, los seres humanos aprendieron a procesar, sintetizar y armonizar con la cantidad de fuentes que les proveían información de carácter sensorial. Sin embargo, en las distintas edades históricas han tendido a prestarle mayor atención a un sentido en específico; por ejemplo, el surgimiento de la imprenta hizo que se le otorgara una importancia considerable a la visión (oculocentrismo).

Esto cambió en la Edad de la Electrónica, pues la relevancia que se le concede a todos los sentidos ha permitido que la integración sensorial sea más entrañable y, por ende, los seres vivos puedan responder mejor a los estímulos externos, según lo exponen Sun y Zhong (2010).

Esta integración entre la percepción del mundo externo y el interno no solo tiende a generar una serie de efectos (sentimientos, emociones, etc.) y fluctuaciones, sino a crear homeostasis.

Cuando el matrimonio Wiltschko fue atraído por el fenómeno migratorio de las aves, se aventuró a ser una de las primeras parejas en documentarlo. Durante su estudio descubrieron que su desplazamiento estaba dirigido por claves sensoriales que eran altamente sensibles al campo magnético de la Tierra.

En estudios posteriores observaron que, aun cuando los *Erithacus rubecula* o los Petirrojos europeos estaban enjaulados, tendían a posarse en dirección suroeste, es decir, hacia el punto cardinal al cual se hubieran dirigido de estar en libertad. Por otra parte, también notaron que estos se desorientaban o estrellaban cuando eran expuestos a una influencia magnética externa.

Algunos investigadores propusieron que las partículas de óxido de hierro ferromagnético (magnetitas), halladas en las proteínas que constituyen los cuerpos de las aves, estaban alineadas con el campo geomagnético de manera semejante a la aguja imantada de una brújula.

Como lo refieren Brookes (2017) y Rizzo-Sierra (2011), a partir de esta hipótesis llegaron a descubrir que las reacciones bioquímicas complejas involucraban procesos cuánticos de producción de pares radicales, que eran suscitados por fotones en la retina gracias a los criptocromos.

El mecanismo de migración le fue transmitido a la hembra de los Petirrojos europeos por sus antepasados. Sin embargo, esta va desarrollando su propia carta de navegación aeronáutica a partir de la memoria, los olores y un sexto sentido, que, según McFadden (2018) y Al-Khalili (2019), la conduce a percibir el campo magnético de la Tierra y, además, le concede la capacidad de extraer la información que requiere para orientarse y dirigir su vuelo.

Los investigadores también han observado que los animales (abejas, tortugas de mar, caracoles, langostas, aves, gallinas, mariposas, etc.), varias especies de bacterias y algas unicelulares orientan sus movimientos de acuerdo a las líneas magnéticas terrestres.

Los investigadores encontraron nanocristales de magnetita en el cerebro, el hígado, el bazo y los otolitos del aparato vestibular del oído medio. Lo anterior los llevó a sugerir que la magnetocepción podía tener un papel importante en la modulación del movimiento y el equilibrio.

En experimentos recientes, también notaron que el procesamiento de la información magnética influía en el comportamiento de los *Homo sapiens*. Como lo mencionan Rizzo-Sierra (2011) y Servick (2019), este mecanismo de acción de los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos reveló que desde el Paleolítico poseían una sensibilidad magnética que estaba relacionada con la búsqueda de alimento.

En conclusión, la biología cuántica posibilita la comprensión de la complejidad de la vida y también relleva que los procesos de la mecánica cuántica no son triviales ni se limitan a las escalas atómicas y subatómicas; antes bien, se caracterizan por atravesarlas y entrelazarse con otras ciencias de la complejidad para entender a fondo los ecosistemas y sus interacciones.

2.

**Biología al límite:
cómo funciona la vida
a muy pequeña escala**

La curiosidad lleva a la humanidad y a los investigadores a cuestionar sus creencias de manera constante. La construcción del conocimiento científico es potenciada por una necesidad tenaz de indagar en lo desconocido y otorgarle una explicación racional a los fenómenos observados. Sin embargo, la investigación científica no puede resumirse solo al *descubrimiento*, ya que también es la causa de una serie de acciones encaminadas a encontrarle soluciones a problemas de diversa índole. Gianfranco Cecchin (1987) señalaba su enorme utilidad en el trabajo psicoterapéutico, pues le había permitido hacer aportes significativos en el tratamiento de la psicosis.

Este apartado comienza cuestionando una creencia acerca del sitio más frío de la Tierra; sin embargo, para abordar el tema deben plantearse una serie de preguntas que permitan discurrir en las razones por las cuales esta convicción es completamente errónea. Las respuestas a estos interrogantes están sujetas a los conceptos de validez, confiabilidad, objetividad, credibilidad, confirmabilidad y transferibilidad.

El *ethos* académico alienta a que se produzcan nuevos conocimientos, pues de las investigaciones científicas precedentes siempre surgen otros problemas. Esta cadena suscita la intranquilidad, despierta el asombro y, además, hace surgir en los investigadores una sed de saberes, que los lleva a desprenderse de los límites de sus marcos teóricos y a concebir lo conocido de una manera diferente.

La investigación científica es pura apertura. Cuando el investigador se encuentra con sus carencias, lo hace también con una serie de acertijos crípticos que merecen ser descifrados, pues nunca se sabe lo que estos podrían revelar. La oportunidad de descubrir algo mayor requiere de observación y sondeo.

La observación se ha convertido en uno de los procesos más importantes en la producción de conocimiento,

pues no solo permite que acumulen información, sino que también puedan comenzar a teorizar. Los investigadores ven el mundo desde el lente que le ponen, es decir, desde su experiencia sensible. En la primera parte de *Las palabras y las cosas*, Michel Foucault hace una bella descripción del papel del observador en el cuadro de *Las meninas* de Velázquez. Como señala Maldonado (2020), el arte anticipa a la ciencia porque supera la lógica racional y facilita el acceso a la dimensión más profunda de las cosas.

McFadden y Al-Khalili (2019) señalan que la investigación científica es un proceso de búsqueda, reflexión, descripción y comprensión de los fenómenos o los comportamientos estudiados, es decir, es un hacer productivo. La idea de la ciencia como acción se contrapone a la posición asumida por la filosofía de la ciencia, debido a que visibiliza el trabajo intelectual que hay detrás de toda la producción investigativa. Este es un proceso semejante al adoptado por músicos insignes, tales como: Johann Sebastian Bach, Wolfgang Amadeus Mozart, Ludwig van Beethoven, Frédéric Chopin, entre otros.

En la obra *La música en el castillo del cielo* hay un capítulo titulado *El Gen Bach*. Gardiner (2015) señala que durante doscientos años los hombres de esta familia tuvieron habilidades musicales sobresalientes, sin embargo, ninguna mujer cultivó la inteligencia musical, a causa del machismo de la época. Por otra parte, también resaltó que los maestros del reputado compositor fueron piezas clave en el desarrollo de su profundidad intelectual, su perfección técnica y gran capacidad de improvisación.

Lo acontecido con este linaje suscita las siguientes preguntas: ¿es posible hablar de un gen musical?, ¿este podría entenderse a través de los aportes de la epigenética?, ¿cuál fue la influencia del entorno en cada uno de sus miembros? Es posible que el estudio de Gardiner sea una herramienta útil para contestar la primera, puesto que también

ahondó en la historia de otras familias de músicos notables (los Scarlatti, los Couperin, entre otros) y destacó los factores que contribuyeron en el desarrollo de sus capacidades².

En los albores del siglo XVIII, uno de los instrumentos más importantes en la música de cámara fue el teclado (clavicémbalo y clavicordio), pero a medida que comenzó a utilizarse en espacios más amplios, su sonoridad se hizo insuficiente. Esto condujo a Bartolomeo Cristofori a inventar el pianoforte. Su mecanismo de martillos forrados de fieltro permitió que el público apreciara con mayor intensidad los sonidos. Por lo demás, la incursión del instrumento armónico tuvo implicaciones en la composición y la interpretación³. Lo anterior conduce a afirmar que cuando cambia un elemento, sus relaciones con todos los demás también se modifican.

Los músicos profesionales reconocen que estos cambios generaron diferencias importantes entre la concepción musical teórica y práctica. La solución de un problema tuvo como consecuencia la evolución y la creación. Estos eventos, que ocurrieron de forma sistemática, también estimularon el desarrollo de nuevas habilidades. En definitiva, la curiosidad implica nuevas posibilidades y grandes transformaciones.

² Una generación de los Scarlatti tuvo ocho músicos reconocidos y, por otra parte, los Couperin gozaron de gran fama durante dos siglos consecutivos (1640-1860).

³ Un estudio cronológico del trabajo de Mozart y Beethoven con el pianoforte permite reparar en la evolución del instrumento.

3.

¿Qué es la vida?

El poema de Ovidio es una lúcida reelaboración de algunas leyendas orientales e historias de la tradición grecorromana, aunque está matizado por su talento narrativo, gran inteligencia e ingenuidad. La historia de Pigmalión tiene su origen en un mito griego y, además, es una de las tantas que han surgido con el paso del tiempo.

En *Las metamorfosis*, el poeta romano se refiere a Pigmalión como un ser solitario. La soledad lo condujo a esculpir a una mujer en marfil blanco para que le hiciera compañía, pues su búsqueda de la fémica perfecta había sido infructuosa. Una vez el hombre terminó la obra que había labrado con tanta minuciosidad, la miró con asombro, pues tenía frente a sí a una estatua de rasgos perfectos y belleza colosal. De tanto admirarla, se enamoró perdidamente de ella y la nombró Galatea: “El rostro era el de una verdadera doncella, de la que pensarías que vivía y que quería moverse si no se lo impediera su pudor” (Ovidio, 2009, p. 566).

Tan enamorado estaba que procedió a ponerla en su lecho y llenarla de adornos y vestidos acordes con su hermosura. Con el paso del tiempo, el escultor comenzó a desear que estuviera viva. Durante la fiesta de Venus, Pigmalión aprovechó para ir al templo, dejarle una ofrenda a la diosa y pedirle que le concediera el favor de convertir a la figura en su esposa. Al retornar a su hogar, se acostó junto a la estatua y cuando la besó, notó que sus labios estaban tibios y el marfil, antes rígido y pálido, empezaba a corresponder al toque de sus manos. Pigmalión se sintió afortunado porque la diosa había atendido a sus fervientes súplicas: “La escultura se convirtió en una mujer de carne y hueso que ante los besos apasionados de su amado se cubría con los rubores propios del pudor” (Ovidio, 2009, p. 568).

El relato de Ovidio permite llevar a cabo una reflexión acerca de la vida. Las emociones van acompañadas de una conmoción somática que, por lo demás, le infunde vigor a un ser vivo. Sin embargo, también apertura la dis-

cusión sobre los factores que hacen posible la existencia y la diferencian de los seres inertes o abióticos.

Acudo a este relato porque resulta adecuado para reflexionar sobre la vida. Sin embargo, también apertura la discusión sobre los factores que la hacen posible y la diferencian de los seres inertes o abióticos. Si se presta atención a la leyenda de Pigmalión, parece que hace falta recurrir a la eficaz intervención de los seres divinos, quienes fueron exaltados o deslustrados en los relatos mitológicos que se encuentran inscritos en las fibras más profundas de la cultura occidental.

Es conveniente plantear una conversación desde un marco referencial distinto al generado por el politeísmo, pues quizás de esta manera puedan encontrarse otras explicaciones que mitiguen la necesidad por comprender mejor la vida. Antes de ahondar en el tema, es preciso mencionar que los debates sobre sus particularidades y los factores que la diferencian de la materia inerte son copiosos y antiguos. Aristóteles, por ejemplo, situó en el alma la capacidad de los organismos vivos para iniciar su propio movimiento. Según el filósofo griego, esta particularidad trazaba los límites entre los seres bióticos y abióticos.

Hay que mencionar, además, que bajo esta perspectiva tan singular, la existencia era consecuencia de un impulso interno de los organismos vivos, es decir, de una fuerza esencial que les permitía realizar hazañas de las que otros elementos de la naturaleza, como las rocas, no eran capaces⁴.

⁴ De acuerdo con Riskin (2016), la filosofía aristotélica describe tres tipos de alma: la vegetativa es la responsable del crecimiento y la poseen las plantas, los animales y los seres humanos; la sensitiva es una parte constitutiva tanto de los anima-

La distinción entre el alma vegetativa, sensitiva y racional fue un mecanismo que le permitió explicar cómo se activaba la vida y también esclarecer cuáles eran los elementos que la distanciaban del universo inanimado. Este razonamiento tuvo una gran acogida en la cultura occidental hasta la Edad Media, aunque en la escolástica le hayan hecho varias modificaciones.

De acuerdo con el cristianismo, la vida es un principio que está aferrado al alma y solo una deidad todopoderosa posee la capacidad para originarla o extinguirla. Esta comprensión del origen de la vida y su naturaleza quedó plasmada en La Biblia y otros textos sagrados, que han sufrido una infinidad de modificaciones o reinterpretaciones a lo largo de la historia.

En el siglo xvii, la esencia interna era considerada como un impulso fundamental para la vida y el movimiento; sin embargo, esta idea se ganó contradictores influyentes. El papel preponderante de las matemáticas y la lógica en las explicaciones que buscaban ordenar el universo a partir de los términos propuestos en la Primera Revolución Científica, sumado a la relevancia cultural alcanzada por los mecanismos, los instrumentos y la experimentación, contribuyó a que las comprensiones vigentes sobre los fundamentos de la vida y el mundo natural incorporaran de manera paulatina el lenguaje y la praxis de esta nueva ciencia (McFadden, 2019).

El mecanicismo se convirtió en un paradigma científico y filosófico, pues contaba con la estabilidad suficiente como para sustituir muchas de las comprensiones medievales sobre el alma y su lugar en los fenómenos vitales. Esta

les como de los *Homo Sapiens* y, además, es la responsable de sus sensaciones o movimientos y, por último, la racional es una cualidad propia de los sujetos y los faculta para raciocinar.

doctrina expuso que la imagen de una máquina, integrada por piñones, bisagras, cadenas, pesas y bombas, era un modelo a partir del cual podía realizarse el del organismo vivo. De esta manera, los suntuosos relojes de las catedrales europeas, diseñados al detalle por ingenieros habilidosos, se convirtieron en la réplica más exacta de los procesos que hacían posible la existencia, el funcionamiento y la reproducción de las plantas, los animales y los seres humanos.

El origen del movimiento y el impulso fundamental de la vida fueron sustraídos del interior de la naturaleza para serle entregados a una fuerza externa, fuerza que se encargó de diseñar y activar su mecanismo. Este aspecto le otorgó una mayor importancia a las explicaciones surgidas de las perspectivas monoteístas y politeístas. Por su parte, los fisiólogos mecanicistas del siglo xvii describieron las similitudes existentes entre la estructura del ojo y el microscopio. Fue evidente que ambos demandaban la intervención de un artesano experimentado, aunque la perfección del primero era tal que se lo atribuyeron a un óptico con destrezas celestiales (Riskin, 2016).

La construcción de comprensiones sobre el origen de la vida y sus contrastes con la materia inerte no se detuvo tras el posicionamiento de las ideas mecanicistas. Las nuevas intelecciones científicas, derivadas del desarrollo de la física, la filosofía natural, la óptica y la fisiología, ocuparon un lugar privilegiado en el marco de referencia dispuesto para explicar la vida y su funcionamiento. No obstante, los argumentos místicos y religiosos siguieron teniendo una gran influencia en la sociedad, pues los individuos continuaron empleándolos, a fin de adjudicarle una explicación a lo desconocido.

Por ejemplo, en el siglo xix, los químicos y los biólogos formularon teorías y explicaciones sorprendentes acerca del origen de la vida. Sus observaciones fueron haciéndose más precisas y agudas en la medida en que iban

diseñando nuevos instrumentos. Sin embargo, justo en este momento, el vitalismo consiguió posicionarse como una doctrina que cuestionaba los postulados formulados por el mecanicismo. En sus propuestas retomaron el concepto de fuerza vital como motor primario de la vida, aunque no sin antes adaptarlo a las comprensiones derivadas del reconocimiento de estructuras cada vez más diminutas y complejas (tejidos y células).

Según McFadden (2019), con el paso del tiempo terminó perdiendo su impulso inicial y sus postulados, poco a poco, fueron desestimados por los científicos de la época. Sin embargo, los interrogantes acerca del origen de la vida y las fuerzas dotadas de la capacidad para transformar la materia inerte en materia viva continuaron vigentes.

En la actualidad, las explicaciones más plausibles utilizan el lenguaje y los marcos de referencia desarrollados por la física, la química y la biología en los últimos 150 años⁵. Sin embargo, muchas personas aún consideran que el alma y las fuerzas vitales son una fuente importante de certezas.

Hay teorías que explican las razones por las cuales existen diferencias significativas entre la materia orgánica e inorgánica, pese a que están constituidas por los mismos componentes. Estas también pretenden responder por qué la primera es capaz de llevar a cabo hazañas extraordinarias y diversas. Con frecuencia pueden hallarse razonamientos que le adjudican todos estos fenómenos a los procesos químicos producidos en el interior de las células; procesos que se desencadenan a partir de las interacciones, las recombinaciones y las reacciones entre las partículas que las constituyen.

⁵ Hoy día, una gran parte de las comprensiones más notables sobre las particularidades de la vida se derivan de los desarrollos alcanzados por la biología molecular, la genética y la física de partículas.

Los relatos, que aún se mantienen inalterados, hacen una descripción compleja de la articulación entre los átomos, las moléculas y las proteínas. Además, refieren que los conjuntos compuestos por estos tres elementos minúsculos coexisten y tienen la capacidad de transferir información y energía⁶. En estos términos, la vida puede entenderse como una conversación candente y animada, porque participan elementos con cualidades diferentes; elementos facultados para dejar rastros y producir nuevas condiciones, siempre y cuando se vinculen e interactúen con sus interlocutores. Es preciso mencionar que estas interacciones no son inocuas y al estar mediadas por reacciones y transformaciones tan extraordinarias, llegan a producir algo tan improbable como la vida.

Ahora bien, los interrogantes en torno a la vida hacen incontrovertible la necesidad de buscar respuestas o proponer explicaciones. De este impulso irresistible surgen nuevas comprensiones, comprensiones que los va acercando, poco a poco, a las fibras más íntimas y profundas de la vida. Los aportes generados por estas comprensiones pueden ayudar a responder: qué provoca la activación de la materia y, así como aconteció con Galatea, qué factores hacen que el organismo comience a desarrollar una serie de funciones a partir de las cuales busca garantizar su supervivencia (nutrición, respiración, crecimiento, excreción, regulación, etc.).

A propósito de este último desafío, la biología cuántica emerge como un escenario de discusión, pues conduce a los investigadores a pensar la vida desde un paradigma

⁶ Para Feynman (2014), todas las cosas, incluida la vida, están hechas de átomos. Los cuales no son más que pequeñas partículas que se mueven continuamente y se atraen o repelen entre sí según las condiciones del medio.

enfocado en los acontecimientos y los fenómenos acaecidos a pequeña escala. Por lo demás, este recurre a modelos explicativos que desafían las leyes y los postulados de las ciencias clásicas. En este sentido, McFadden y Al-Khalili (2019) sugieren que el mundo cuántico es un buen lugar para examinar y resolver algunos de los interrogantes irresueltos en las teorizaciones anteriores⁷.

Los autores también mencionan a Schrödinger, porque sus aportes permitieron fijar una nueva diferencia entre los seres animados e inanimados. En esta distinción, la vida solo es posible gracias a la acción de un número relativamente pequeño de partículas muy ordenadas, que, pese a su tamaño, son capaces de producir efectos extraordinarios y significativos que se replican a escalas enormes.

Mientras continúa resolviéndose el interrogante planteado al inicio del texto e identificándose con algo más de nitidez cuáles son los aportes de la biología cuántica en las comprensiones ya estructuradas de los fenómenos que hacen posible la vida y, además, contribuyen con la emergencia de la materia orgánica, es conveniente aproximarse a la discusión a partir de otra pregunta: ¿de qué es capaz la existencia? Esta reformulación puede ser de gran ayuda para reconocer con mayor exactitud algunas de sus propiedades más notables y entender cómo se diferencian los elementos bióticos de los abióticos.

Como lo apuntan McFadden y Al-Khalili (2019), para responder a esta pregunta debe dejarse claro que la vida puede realizar hazañas tan extraordinarias y diversas que incluso desafían al sentido común. Por ejemplo, desarrollar sistemas de navegación y referenciación sofisticados; provocar reacciones químicas que, debido a su precisión y

⁷ Los autores también afirman que la vida es un fenómeno situado en el límite entre el mundo clásico y el mundo cuántico.

control, transforman el medio; generar energía a través de técnicas sumamente eficientes; utilizar códigos y producir sistemas de comunicación, a fin de resolver problemas de forma inmediata, procesar información a un ritmo vertiginoso, etc. Aunque las proezas sean muchas más, estas relieván algunas de sus brechas con la materia inorgánica y también exponen su enorme capacidad de adaptación cuando aparecen circunstancias que la desafían.

Aún falta mucho para comprender a cabalidad qué sucede con este número relativamente pequeño de partículas muy ordenadas y cómo intervienen en los procesos que activan la materia orgánica. La resolución de estos interrogantes terminará generando otros. No obstante, en la medida en que surjan respuestas, las preguntas serán cada vez más concretas y focalizadas.

Por ende, los conceptos y las técnicas empleadas deben construirse en torno a un fenómeno dinámico, ordenado, astuto y recursivo; un fenómeno cuyos comportamientos pueden ser conocidos e imaginables, pero impredecibles cuando hay una transformación en el ambiente, debido a que su mayor propósito es evolucionar y adaptarse.

Feynman (2014) escribió que, en los albores de la biología, la tarea del biólogo consistía básicamente en contar los pelos de las patas de las moscas. Sin embargo, el paso del tiempo se encargó de cambiar su foco de atención y ampliar su campo de acción. En la actualidad, quienes estudian la vida deben explorar las relaciones, los movimientos, la incertidumbre, etc.

4.

Expresiones colectivas de la vida

McFadden y Al-Khalili (2019) desarrollaron, en *Los motores de la vida*, una explicación detallada sobre el papel de las enzimas en los organismos vivos e hicieron manifiesto que estas aceleraban toda clase de reacciones bioquímicas y, además, desempeñaban funciones sustanciales dentro de una misma célula. También expusieron que estos motores de la vida poseían una función mucho más amplia y, en consecuencia, era una diatriba que los investigadores siguieran refiriéndose a las moléculas orgánicas como un simple catalizador biológico. En resumen, expusieron con tenacidad que las enzimas desplazaban, de forma cuidadosa y coordinada, las moléculas de sustrato a los electrones y protones, a fin de provocar la rotura de la cadena de colágeno.

Es importante recordar que los electrones, los protones y los átomos se ajustan a las reglas de la mecánica cuántica porque tienen la capacidad para hacer entrelazamientos, atravesar barreras profusamente herméticas y desempeñar una gran variedad de tareas, tales como: degradar los azúcares, sintetizar las grasas y los aminoácidos, copiar la información genética, etc.

Las enzimas tienen la potestad de alterar las biomoléculas que están en el interior de todas las células y, por esto, propulsan la vida. De acuerdo con Schrödinger (2008) es posible entender la diferencia entre la vida y la materia inanimada gracias a la acción de este grupo menor de partículas. Las cuales conservan su organización y, además, poseen la capacidad para impactar un sistema vivo, generando cambios importantes en su experiencia vital.

En la tradición analizaron por separado el mundo biológico y el social; sin embargo, la materialidad biológica del primero le sirvió al segundo para: objetivar los valores sociales a través de mecanismos de legitimación y edificar sus propias instituciones normativas. No obstante, existe otra versión en la cual la materialidad biológica no hace

parte de esta plasticidad social y la experiencia física adquiere un papel antagónico en la investigación social.

En la década de los sesenta, Peter Berger y Thomas Luckmann tomaron la decisión de realizar una investigación en conjunto, debido a que tenían la necesidad de ahondar en los procesos que llevaban a cualquier sistema de conocimiento a establecerse como verídico en la sociedad. A causa de esto, los sociólogos inauguraron la tradición constructivista en las ciencias sociales; tradición que abogó por una sociología del conocimiento cuyo propósito no era reflexionar u observar la realidad material, sino averiguar cómo era que los seres humanos construían interpretaciones culturales para asimilarla o aprehenderla.

... el orden social es un producto humano, o, más exactamente, una producción humana constante, realizada por el hombre en el curso de su continua externalización. El orden social no se da biológicamente ni deriva de datos biológicos en sus manifestaciones empíricas. Huelga agregar que el orden social tampoco se da en el ambiente natural, aunque algunos de sus rasgos particulares puedan ser factores para determinar ciertos rasgos de un orden social (por ejemplo, sus ordenamientos económicos o tecnológicos). El orden social no forma parte de la naturaleza de las cosas y no puede derivar de las leyes de la naturaleza. Existe solamente como producto de la actividad humana. No se le puede atribuir ningún otro estatus ontológico sin confundir irremediabilmente sus manifestaciones empíricas. (Berger y Luckmann, 2011, p.71)

A esta corriente se sumó una amplia variedad de investigaciones; sin embargo, los científicos sociales, que las lleva-

ron a cabo y se proclamaron a sí mismos como constructivistas, no siempre adoptaron o aprobaron en su totalidad la propuesta de estos dos autores. Pese a que este enfoque tuvo una importante acogida, también fue blanco de distintas críticas, entre las cuales se destacaron las referentes con el carácter relativista de la realidad. Es decir, el problema principal consistía en la dificultad para decidir que era o no verdadero, pues esto dependía exclusivamente de la interpretación social de un colectivo humano.

Los construccionistas sostienen que las clasificaciones no están determinadas por cómo es el mundo, sino que son formas convenientes con las que representarlo. Mantienen que el mundo no viene pasivamente empaquetado en hechos. Los hechos son las consecuencias de las formas en que representamos el mundo. Aquí la visión construccionista es espléndidamente a la vieja usanza. Es una especie de nominalismo. Se contrapone con una fuerte sensación de que el mundo tiene una estructura inherente que nosotros descubrimos. (Hacking, 1999, p.66)

Con el tiempo surgieron algunas propuestas alternativas al construccionismo clásico; sin embargo, entre estas se destacó la de John Searle (1995), quien fue un reconocido filósofo del lenguaje, porque afirmó que no existían realidades múltiples y, en consecuencia, era impensable separar el mundo físico del social.

En su trabajo expuso que la realidad social emergía de la realidad física gracias a la intencionalidad de los sujetos. Asimismo, sostuvo que el mundo social no era un fenómeno aislado de la naturaleza y también llegaba a constituirse como un conjunto e interactuar, debido a la injerencia del mundo material. Por otra parte, aludió que las

representaciones humanas siempre estaban en juego con la vida tangible y biológica.

En *La construcción de la realidad social*, también planteó que los fenómenos sociales eran autorreferenciales, es decir, existían en la medida en que eran nombrados, validados y legitimados. Para Searle (1999), los hechos brutos no tenían origen en la interpretación humana, sino en una realidad emancipada de las voluntades o intenciones de los seres humanos, quienes no podían desarraigarse del mundo social.

Históricamente, en nuestra tradición intelectual, hemos hecho grandes distinciones entre la mente y el cuerpo, entre la naturaleza y la cultura. En la sección sobre ontología fundamental he abandonado tácitamente la concepción tradicionalmente dualista de la relación entre la mente y el cuerpo, sugiriendo la idea de que la mente no es sino un conjunto de rasgos de nivel superior del cerebro; un conjunto de rasgos que son a la vez “mentales” y “físicos”. Usaremos lo “mental”, así construido, para mostrar cómo la “cultura” es construida a partir de la “naturaleza”. El primer paso es introducir una distinción más fundamental que las mencionadas hasta ahora. Se trata de la distinción entre aquellos rasgos del mundo que existen independientemente de nosotros y aquellos que, para su existencia, dependen de nosotros. (Searle, 1995, p. 28)

Esta concepción plantea que hay una relación intrínseca entre la materia y las ideas, el cerebro y la mente, el cuerpo y el pensamiento. Este aspecto permitió que los investigadores llegaran a una comprensión de los procesos biológicos desde diversas perspectivas e igualmente, tuvieran la posibilidad de reinterpretar tanto los procesos sociales

como la manera en que tiende a discernirse la emergencia de los colectivos conformados por los *Homo Sapiens* y otras especies.

Por otra parte, los planteamientos acerca de la intencionalidad colectiva y la emergencia de los colectivos hacen que surjan las siguientes preguntas: ¿cómo se constituyen?, ¿cuál es su origen?, ¿qué sustenta a los colectivos?

Existen estudios donde la visión de los fenómenos sociales es fragmentaria. En las explicaciones que estos arrojan es notoria la influencia que ha tenido la noción de intersubjetividad en lo referente con la manera cómo se entiende la constitución de los colectivos. Esta observación se relaciona con los planteamientos de Alfred Schutz.

Según Schutz (2003), en el proceso de construcción del mundo exterior solo puede interferir quien haya experimentado la comunicación como una parte fundamental de su pasado y su presente inmediato. El receptor, por su parte, interpreta lo que escucha y lo incorpora en el tiempo en el cual se encuentra. En este acto se aúnan el tiempo subjetivo y el de la exterioridad: “Mientras los sujetos escuchan, interpretan y comprenden, emerge un tercer tiempo, el *nosotros*, que tiene como único soporte la experiencia colectiva” (Schutz, 2003, p. 215).

Esta es una explicación clásica en la medida en que las experiencias humanas no solo son subjetivas, sino también intersubjetivas, reales y coherentes. No obstante, la finitud que le adjudica al hecho de haber sentido, conocido o presenciado algo específico en el mundo exterior puede ser transgredida cuando el sujeto la experimenta en su interior y sucede una modificación radical en su ser, en su conciencia:

Todo objeto que no es contradicho, es, *ipso facto*, creído y postulado como una realidad absoluta, pero si sale de mi realidad latente y se pone a

prueba en los mundos conocidos de otro modo se comprueba que lo que se conoce de ellos es incompatible con lo que se percibía inicialmente. (Schutz, 2003, p. 221)

Es preciso retomar la idea de Searle porque permite replantear esta visión fragmentaria de las subjetividades, que, por su parte, constituyen lo colectivo. Para este filósofo (1999), tanto la comprensión como la emergencia de la intencionalidad colectiva tienen origen en la mente de cada sujeto; sin embargo, no considera que en este proceso sea decisiva la preexistencia de un sentimiento o una idea singular.

Es verdad que toda mi vida mental está dentro de mi cerebro, y que toda la vida mental de ustedes está dentro de su cerebro, y lo mismo vale para todo el mundo. Pero de aquí no se sigue que toda mi vida mental tenga que ser expresada en la forma de una frase nominal singular referida a mí. La forma que mi intencionalidad colectiva puede tomar es simplemente esta: “nosotros intentamos”, o “estamos haciendo esto y lo otro”, etc. En esos casos, yo intento solo como parte de nuestro intento. La intencionalidad que existe en cada cabeza individual tiene la forma “nosotros intentamos”. (Searle, 1995, p. 28)

Para concluir, la lectura de estos textos fue un ejercicio de imaginación creativa porque le otorgó a la autora la posibilidad de encontrar respuestas y, de este modo, llegar a comprender la naturaleza de la realidad concerniente con los colectivos humanos.

5.

**La acción enzimática:
modelando y remodelando
la vida**

Según el National Human Genome Research Institute (NHGRI), “Una enzima es una proteína que acelera la velocidad de una reacción química específica en la célula. Esta proteína no se altera ni se destruye durante la reacción en la que participa y se usa una y otra vez” (2020, párr.1).

Las enzimas son las responsables de mantener vivo al organismo mediante la aceleración de procesos químicos, que, a su vez, son indispensables para su funcionamiento. Cualquier mutación o alteración cuantitativa y cualitativa de una función orgánica o un gen encargado de la codificación de esta proteína puede causar una enfermedad seria y hasta la muerte.

Cerca del 15 % de la masa de una célula está constituida por proteínas. Muchas de estas cumplen funciones catalíticas, es decir, son mediadoras químicas que desencadenan las reacciones productoras de energía, nuevos prótidos, ácidos nucleicos, organelos celulares, entre otros.

Las funciones de las enzimas incluyen: la producción de azúcares y su degradación, la síntesis de aminoácidos, la digestión y la respiración de las células, entre otras. Asimismo, descubrieron que estas proteínas catalizadoras podían dividirse en seis grupos o clases (oxidorreductasas, transferasas, hidrolasas, liasas, isomerasas, ligasas), dependiendo de la reacción que fueran a catalizar. Por otra parte, algunos científicos han descrito su actividad como un proceso de plegamiento de las estructuras proteicas.

Hasta el momento han explicado que estas proteínas complejas producen un acercamiento entre todas las estructuras del organismo y los sustratos, a fin de catalizar una reacción química y, de esta manera, garantizar la supervivencia celular. Ramírez y Ayala (2014) plantean que las enzimas rompen los enlaces químicos covalentes me-

diante su aproximación a estas estructuras y su vinculación con los iones⁸.

Conviene subrayar que las enzimas también son catalizadores específicos, es decir, cada una se encarga de catalizar una reacción química determinada, actuar sobre un sustrato o un grupo de estos y, además, intervenir en una región delimitada, cuya estructura esté dispuesta a interactuar con estas moléculas. Lo anterior hace que las enzimas lleguen a considerarse como un catalizador biológico muy eficiente y una parte esencial para la vida.

No obstante, el conocimiento de las enzimas se limitaba hasta ahora a su estructura, a sus componentes básicos, a la presencia de iones, que propician las rupturas de los enlaces covalentes, y los procesos de plegamiento tridimensional, que interactúan con las moléculas de forma específica y, a su vez, limitada.

Cabe señalar que este fenómeno de plegamiento ha sido estudiado ampliamente y, por esto, los científicos le atribuyen tanto el origen como la preservación de los nichos, nichos donde la acción enzimática es mayor y tiene lugar el ensamblaje entre los componentes de los enlaces, que la enzima rompe para acelerar las reacciones requeridas por la célula.

Las enzimas son mediadoras de una enorme cantidad de reacciones químicas, que convierten una sustancia en otra; estas reacciones están ligadas de manera directa o indirecta a otras similares y, por esto, llegan a conformarse los ciclos. Feynman (2014) ilustró el del ácido cítrico o Krebs con el fin de demostrar que estas se desarrollaban gracias a la participación de diez proteínas catalizadoras.

⁸ Estos promueven la catálisis de las moléculas y la formación de nuevas sustancias.

Es necesario mencionar que las reacciones químicas requieren de energía para acontecer, pues muchas de estas no llegan a producirse a causa de su insuficiencia. La labor de las enzimas es la de disminuirla o regularla, a fin de que este proceso tenga lugar. De acuerdo con lo anterior, estas proteínas catalizadoras acercan a los elementos químicos hacia los lugares en donde se producirán las rupturas de los enlaces preexistentes con el fin de generar nuevas interacciones químicas y compuestos.

Feynman (2014) describió gráficamente la manera cómo estas proteínas catalizadoras rebajan la energía de activación y llevan de un lado a otro una diversidad de materias, las cuales están constituidas por átomos de la misma clase. De acuerdo con este físico, “Las enzimas abren un hueco en la colina para llegar hasta el nuevo átomo y taparlo de nuevo” (2014, p. 85).

Estas proteínas catalizadoras no llegan a alterarse durante las reacciones enzimáticas, a menos que dejen de contar con las condiciones necesarias para llevar a cabo sus funciones. Por lo demás, las enzimas se caracterizan por tener una estructura química proteica y hallarse conformadas por aminoácidos, así como cualquier otro prótido. En la actualidad existen veinte aminoácidos, a los cuales les atribuyen la producción de una enorme variedad y cantidad de proteínas⁹.

La acción de las enzimas también puede entenderse como un mecanismo de autorregulación de los organismos vivos. Sin embargo, vale la pena mencionar que Capra (1998) y Feynman (2014) hicieron un sondeo acerca de su intervención en algunos procesos, tales como: la reparación del ácido desoxirribonucleico (ADN).

⁹ Las proteínas tienen múltiples funciones en los organismos vivos y, por esto, son consideradas como uno de los elementos que hacen posible la vida.

Ciclos como el de Krebs sirvieron: primero, para mostrar algunas interacciones, por ejemplo, la creación-destrucción y el anabolismo-catabolismo; segundo, poner en evidencia que las enzimas son los sustratos de otras y nunca se consumen en una reacción química; tercero, exponer que su función acontece en un punto específico del ciclo y cuarto, plantear que las enzimas se combinan en los procesos biológicos y, además, son bucles complejos de refuerzo y balance¹⁰.

5.1. Una enzima muy particular

Como lo refirió Mukherjee (2011), a finales de la década de los cincuenta, Howard Temin intentó producir cáncer *in-vitro* con el propósito de hallar posibles tratamientos. Sin embargo, durante sus investigaciones descubrió que un virus aislado de un sarcoma era capaz de producir tumores en una placa de Petri.

Aunque este hallazgo fue de gran importancia, algo más llamó su atención y fue que el virus tenía la propiedad de unirse al ADN de la célula huésped y alterar su genoma. No obstante, detrás de este se ocultaba una propiedad que cambiaría por completo la concepción tradicional de la biología.

Tiempo antes, la biología molecular había establecido que las proteínas se producían cuando el ADN convertía su material genético en ARN. Sin embargo, en el momento en que descubrió que en el interior de una célula infectada se producían proteínas virales, este dogma se vino abajo. De acuerdo con el relato de Mukherjee, en el libro *El emperador de todos los males: una biografía del cáncer*, cuando hizo

¹⁰ Feynman lo empleó para explicar las funciones celulares.

este hallazgo, Temin se enfrentó a un dilema que consistió en: seguir sometiéndose al paradigma de la biología molecular o revelárselo a todo el mundo. Después de reflexionar, optó por lo segundo, pues no era justo que el coste para mantener intactas estas ideas fuera la involución.

El genetista estadounidense también encontró en esta transcripción del genoma viral una molécula que desencadenaba todo el proceso y la llamó transcriptasa inversa o reversa. Para esta misma época, otros científicos aceptaron la existencia de esta propiedad tan singular y la designaron como una de las características más notables de este virus ARN¹¹.

En las décadas de los ochenta y noventa, la investigación acerca de la virología y la biología molecular fue bastante fértil. Entre los múltiples descubrimientos, se destacó la identificación de la actividad de la transcriptasa reversa en el virus de la inmunodeficiencia adquirida (VIH). Con el paso del tiempo, algunos notaron que en la estructura interna de este agente infeccioso existía una proteína nuclear que sintetizaba una cadena de ADN a partir del material genético inicial del virus, es decir, de la molécula de ARN. Este proceso es probablemente uno de los más complejos porque el virión se desarrolla justo después de infectar al linfocito T CD4, que es su blanco.

Conforme lo mencionan Estrada y Gómez (2000), la maquinaria del linfocito T CD4 es empleada por el virus para codificar el ADN viral. A partir de la información que este contiene se producen los viriones y las proteínas virales que proliferan la enfermedad y agravan la infección.

¹¹ A los virus que comparten esta propiedad se les conoce como retrovirus y uno de sus integrantes más conocidos es el de la inmunodeficiencia humana (VIH).

Por otra parte, la transcriptasa reversa del VIH provoca saltos en la copia de los diferentes fragmentos del ARN hasta completar la cadena, que, a su vez, va a conformar la molécula de ADN recién constituida. Este proceso se completa en cuanto la enzima integrasa le permite al nuevo ADN viral integrarse al ADN del núcleo celular¹².

Este procedimiento le permite al VIH crear los genes que van codificar a las proteínas virales. Es importante mencionar que dentro de estas se encuentra la transcriptasa reversa, porque su acción, junto a la de la integrasa, permite la autorreplicación del virus. El ciclo vital de la inmunodeficiencia humana relieves el papel de las enzimas es esencial para el desarrollo de cualquier proceso biológico. Es decir, la capacidad de estas proteínas catalizadoras no se limita a la degradación tisular, ya que interviene en: la modificación de las moléculas, la producción de genes y la generación de ADN a partir del ARN cuando hay un retrovirus.

Las enzimas también participan en la digestión de los alimentos porque los transforma en los nutrientes que serán empleados, posteriormente, por las células y los tejidos. El proceso de descomposición y degradación inicia justo cuando la comida entra en contacto con el pH de la saliva. Por ejemplo, en la Época Prehispánica, los indígenas masticaban los granos de maíz, dado que la amilasa salival le daba un mejor sabor a la chicha y, además, aceleraba su fermentación.

En suma, las enzimas son el medio ideal para comprender la estabilidad y los cambios de los procesos biológicos, pues se encargan de estimular o acelerar su desarrollo. Según McFadden y Al-Khalili (2019), estas controlan todas

¹² Estos saltos se le atribuyen a una acción conocida como ARNasa.

las reacciones químicas que acontecen en el organismo y, además, les dan celeridad con el fin de mantenerlo vivo.

Por otra parte, la actividad de la transcriptasa inversa ha sido descrita y estudiada en detalle. Antes de que Tamín realizara este hallazgo, su acción, así como aconteció con la de otras enzimas, no estaba relacionada con el efecto del tunelamiento cuántico, conforme lo postulan McFadden y Al-Khalili (2019).

En un principio, esta relación les resultó un poco descabellada, debido a la estructura de estas proteínas catalizadoras; sin embargo, notaron que los movimientos tridimensionales que ejecutan y la habilidad para seleccionar los elementos específicos de los prótidos eran acordes con los postulados de la física cuántica sobre el efecto túnel.

Feynman (2014) precisó que las reacciones químicas no pueden ocurrir a menos que exista una energía de activación. Si las enzimas no la redujeran, este fenómeno no tendría lugar, y como consecuencia tampoco acaecería la reorganización de los átomos. Otra característica interesante de estas proteínas catalizadoras es que vuelven a su estado original al final del proceso. De hecho, cuando termina de catalizarse una reacción, las enzimas quedan listas para el siguiente ciclo de catálisis.

Lo referido hasta el momento modificó por completo la comprensión de los procesos biológicos. La inmersión de la cuántica en los estudios referentes con los organismos vivos propició que se cuestionaran y cambiaran, de manera incesante, los dogmas tradicionales de esta ciencia. Todas las variaciones son más que el aporte de nuevos mecanismos u otras posibilidades: “La teoría cuántica trata de la interacción entre lo real y lo posible” (Deutsch, 1999, p. 43).

Los conocimientos acerca de la actividad enzimática son novedosos y retadores para la biología, así como lo fueron los hallazgos de Temin de la década de los cincuenta a los setenta. El hecho de comenzar a explicar la ruptura de

los enlaces covalentes a partir del tunelamiento cuántico llevó a que se prescindieran de las explicaciones simples y mecánicas propias de la tradición.

Los científicos siempre han considerado que las comprensiones existentes acerca de un fenómeno o un proceso son insuficientes: “*We need better theories*” (Sabatier, 1999, p.13). De acuerdo con Deutsch (1999), la búsqueda incesante de una respuesta apodíctica para un problema científico o de una explicación más amplia es, en esencia, un acto creativo, que trasciende o debe trascender el planteamiento atarantado de preguntas.

Temin, al igual que otros científicos, sintió el rechazo de sus pares y perseveró hasta encontrar las pruebas que soportaran su hallazgo. Este tipo de experiencias son relevantes para quien hace ciencia, porque la paciencia y la vehemencia son dos cualidades fundamentales en este oficio.

Bibliografía

- Berger, P., y Luckmann, T. (2011). *La construcción social de la realidad*. Amorrortu Editores.
- Boscolo, L., Cecchin, G., Hoffman, L., y Penn, P. (1987). *Terapia sistémica de Milán*. Amorrortu Editores.
- Brookes, J.C. (2017). Quantum effects in biology: golden rule in enzymes, olfaction, photosynthesis and magneto-detection. *Proceedings of the Royal Society A*, 473(2201), 1-28. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.2016.0822>
- Canguilhem, G. (1976). *El conocimiento de la vida*. Editorial Anagrama.
- Canguilhem, G. (1983). *Lo normal y lo patológico*. Siglo XXI Editores.
- Canguilhem, G. (2004). *Escritos sobre la medicina*. Amorrortu Editores.
- Capra, F. (1998). *La trama de la vida*. Editorial Anagrama.
- Carontini, E., y Peraya, D. (1979). *Elementos de semiótica general. El proyecto semiótico*. Editorial Gustavo Gili.
- Caponi, S. (1997). Georges Canguilhem y el estatuto epistemológico del concepto de salud. *Historia, Ciencias, Saúde*, 4(2), 287-307.
- Damasio, A. (2019). *El extraño orden de las cosas. La vida, los sentimientos y la creación de las culturas*. Editorial Planeta.
- Deutsch, D. (1999). *La estructura de la realidad*. Editorial Anagrama.
- Estrada, J. H., y Gómez, L.A. (2000). *Fisiopatología de la infección por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH)*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Feynman, R. (2014). *Seis piezas fáciles*. Editorial Planeta.
- Fisher, S.E., y Tilot, A.K. (2019). Bridging senses: novel insights from synaesthesia. *Philosophical Transactions of The Royal Society B*, 374(1787), 1-5. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0022>

- Foucault, M. (1968). *Las palabras y las cosas. Una arqueología de las ciencias humanas*. Siglo XXI Editores.
- Fuentes, A.J., y Rojas, J.G. (2004). Campos Magnéticos y sus efectos biológicos. *Revista Ingeniería*, 9(1), 13-17. <https://doi.org/10.14483/23448393.2736>
- García, J.H., Claros, J.A., Patiño, Y., Beltrán, Y., Quiroz, M.E., Palacio, D., Puello, F., Bravo, N., Mendoza, P., Aristizábal, M.M., y Álvarez, C. (2017). *Caracterización de la discapacidad en el distrito de Barranquilla*. Ediciones Universidad Simón Bolívar.
- Gardiner, J. E. (2015). *La música en el castillo del cielo. Un retrato de Johann Sebastian Bach*. Editorial Acantilado.
- Goodwin, B. (1998). *Las manchas del leopardo. La evolución de la complejidad*. Tusquets Editores S.A.
- Jiménez, A. (2015). Así son las enfermedades «latentes». *La Razón*. <http://www.larazon.es/atusalud/asi-son-las-enfermedades-latentes-YX9101364/>
- Jiménez, I. (2010). La teoría homeostática del bienestar. Bienestar psicológico y satisfacción por la vida en adultos mayores. *Revista Mexicana de Investigación en Psicología*, 2(1), 45-55. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=43922>
- Kauffman, S. (2016). ¿Qué es la vida? ¿Tuvo razón Schrödinger? En Bedau, M. y Cleland, C. (Eds.), *La esencia de la vida. Enfoques clásicos y contemporáneos de filosofía y ciencia* (pp. 759-794). Editorial Fondo de Cultura Económica.
- Keeley, B. (2015). *Nonhuman Animal Senses*. The Oxford Handbook of the Philosophy of Perception.
- Laurel, A.C. (1986). El estudio social del proceso salud-enfermedad en América Latina. *Cuadernos Médico Sociales*, 37, 2-10.
- Majumdar, S., & Pal, S. (2018). Information transmission in microbial and fungal communication: from classical to quantum. *Journal of Cell Communication and Signa-*

- ling, 12, 491-502. <https://doi.org/10.1007/s12079-018-0462-6>
- Maldonado, C. (2018). Seis tesis sobre complejidad y salud. *Revista Salud Bosque*, 8(1), 5-7. <https://doi.org/10.18270/rsb.v8i1>
- Maldonado, C. E. (2020). El seminario más antiguo de complejidad en América Latina. *Praxis pedagógica*, 20(26), 149-166.
- Maldonado, C., y Cárdenas, H. (2020). ¿Por qué existe solamente la salud y no la enfermedad? En Cataño, M.A. (Ed.), *Colección Complejidad y Salud* (pp. 24-63). Editorial Universidad El Bosque.
- Mendoza, A. (2017). La relación médico paciente: consideraciones bioéticas. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 63(4), 1-10.
- McFadden, J., & Al-Khalili, J. (2018). The origins of quantum biology. *Proceedings of the Royal Society A*, 474(2220), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.2018.0674>
- McFadden, J. y Al-Khalili, J. (2019). *Biología al límite. Cómo funciona la vida a muy pequeña escala*. Editorial RBA.
- Marais A., Adams, B., Ringsmuth, A., Ferreti, M., Gruber, M.J., Hendrikx, R., Schuld, M., Sinayskiy, I., Krüger, T., Petruccione, F., & Grondelle, R. (2018). The future of quantum biology. *Journal of The Royal Society*, 15(148), 1-14. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2018.0640>
- Moreno, J.C. (2014). La ciencia como acción. *Universitas Philosophica*, 31(63), 289-301. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.uph31-63.lcca>
- Mosterin, J. (2008). *Lo mejor posible: racionalidad y acción humana*. Alianza Editorial.
- Mukherjee, S. (2010). *El emperador de todos los males. Una biografía del cáncer*. Editorial Charles Scribner's Sons.
- Nemer, G., Bergqvist, C., & Kurban, M. (2017). Darwinian Evolution and Quantum Evolution are Comple-

- mentary: A Perspective. *Hereditary Genetics*, 6(2), 1-4. <http://doi:10.4172/2161-1041.1000181>
- Nason, P. O. (2010). *Las Metamorfosis*. Editorial Porrúa.
- Ramírez, J., y Ayala. M. (2014). Enzimas: ¿qué son y cómo funcionan? *Revista Digital Universitaria*, 15(11), 1-13.
- Restrepo, P. (2012). La relación médico-paciente: Un ideal para el siglo XXI. *Médica UIS*, 21(1), 1-7. <http://www.scielo.org.co/pdf/muis/v25n1/v25n1a07.pdf>
- Riskin, J. (2016). *The Restless Clock. A History of the Centuries-Long Argument over What Makes Living Things Tick*. The University of Chicago Press.
- Rivera, L. (2008). Homeostasis, Alostasis y Adaptación. En Guimón, J., Andreoli, A., y Dávila, R. (Eds.), *Crisis y contención* (pp. 31-37). Editorial Eneida.
- Rizzo-Sierra, C.V., Bayona, E.A., y León-Sarmiento, F.E. (2011). Magnetorrecepción: la piedra angular de la orientación aeroespacial, balance y locomoción humana. *Revista de Investigación Clínica*, 63(5), 509-515.
- Rovelli, C. (2018). *El orden del tiempo*. Editorial Anagrama S.A.
- Sacchi, M., Hausberger, M. y Pereyra, A. (2007). Percepción del proceso salud-enfermedad-atención y aspectos que influyen en la baja utilización del sistema de salud, en familias pobres de la ciudad de Salta. *Salud Colectiva*, 3(3), 271-283.
- Schutz, A. (2003). *El Problema de la Realidad Social*. Amorrortu Editores.
- Searle, J. (1995). *La construcción de la realidad social*. Ediciones Paidós.
- Servick, K. (2019). Humans may sense Earth's magnetic field. *Science*, 363(6433),1257-1258. <http://doi:10.1126/science.363.6433.1257>
- Sun, T., & Zhong, B. (2010). Multitasking as multisensory behavior: Revisiting media multitasking in the perspective of media ecology theory. *Computers in Human*

- Behavior*, 104, 106-151. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.09.027>
- Piñeros, L. (2012). El proceso salud enfermedad y la transdisciplinariedad. *Revista Cubana de Salud Pública*, 38(4), 622-628.
- Sabatier, P. A. (1999). *Theories of the Policy Process*. Westview Press.
- Taleb, N. (2011). *El cisne negro. El impacto de lo altamente improbable*. Ediciones Paidós.
- Torday J.S., & Miller, W.B. (2016). Biologic relativity. Who is the observer and what is observed? *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 121(1), 29-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2016.03.001>
- Uche, M., y Echarte, L.E. (2015). Homeostasis y representaciones intelectuales: Una aproximación a la conducta moral desde la teoría de la emoción de Antonio Damasio. *Persona Bioética*, 19(1), 1-19.
- Vanegas, J.H. (2015). La conciencia de la salud como expresión del cuidado. *Hacia la promoción de la salud*, 20(2), 9-10.
- Velandia, J.O. (2015). *Homeostasis y enfermedad: Una estrategia de aula para promover el autocuidado* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional. https://2016-tesis_final-homeostasis.pdf

Investigaciones en complejidad y salud

Facultad de Medicina

Grupo de Investigación en Complejidad y Salud Pública

n.º 13

Biología cuántica y ciencias de la salud: Un diálogo posible

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

