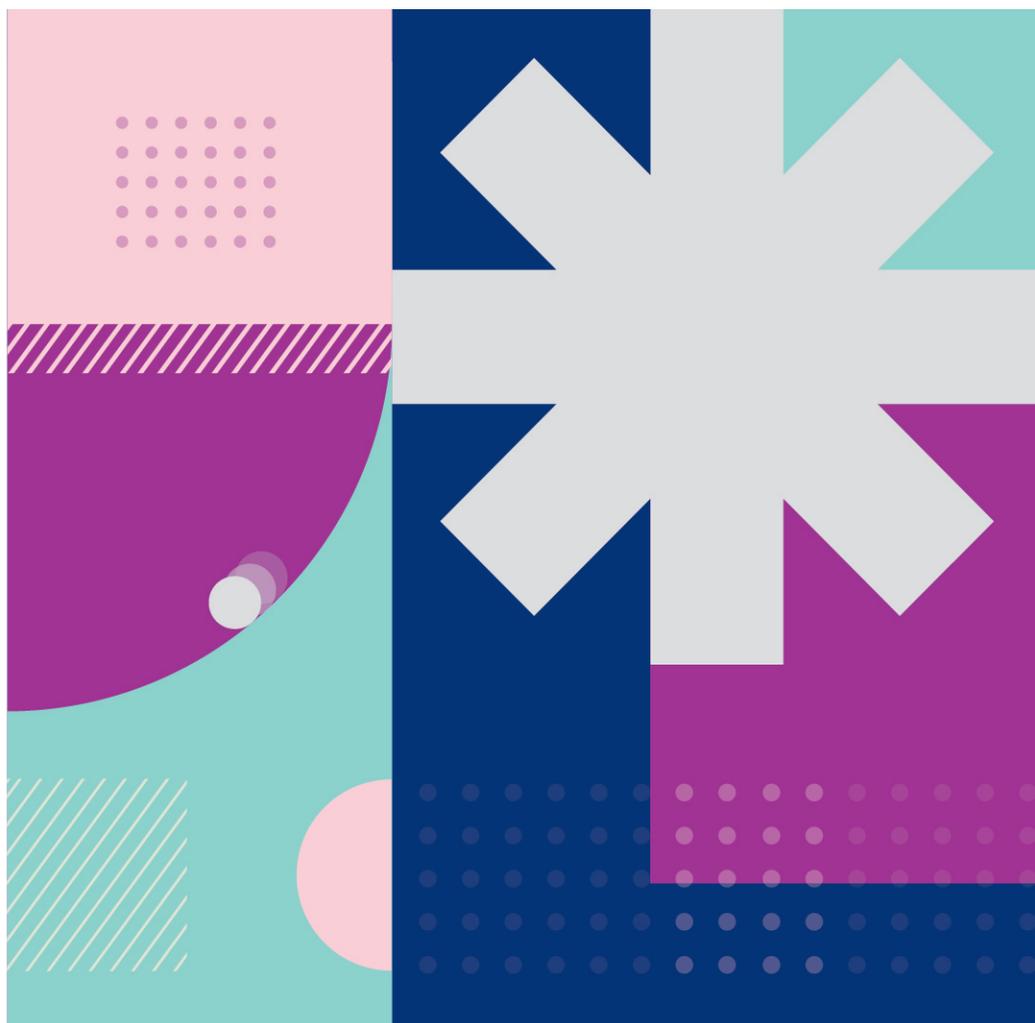


Salud pública y teoría cuántica:

Un puente para la investigación

Colección Complejidad y Salud, Vol. 3



Carlos Eduardo Maldonado (Comp.)
Adriana Lucía Acevedo Supelano
Patricia Arias Muñoz
Maximiliano Bustacara Díaz
Camilo José González Martínez
Edwin Mauricio Millán Hernández

Rosalía Olaya Zúñiga
Karina Susana Pastor Sierra
Erika Marcela Quintero Hernández
Sandy Liliana Silva González
James Frank Trujillo Perdomo

 UNIVERSIDAD
EL BOSQUE
Editorial

Colección Complejidad y Salud, Vol. 3

Salud pública y teoría cuántica:

Un puente para la investigación

© Universidad El Bosque
© Editorial Universidad El Bosque

Rectora: María Clara Rangel Galvis

Salud pública y teoría cuántica: un puente para la investigación
Colección *Complejidad y Salud*, Vol. 3

Carlos Eduardo Maldonado Castañeda
Editor académico

© Adriana Lucía Acevedo Supelano
© Patricia Arias Muñoz
© Maximiliano Bustacara Díaz
© Camilo José González Martínez
© Carlos Eduardo Maldonado
© Edwin Mauricio Millán Hernández
© Rosalía Olaya Zúñiga
© Karina Susana Pastor Sierra
© Erika Marcela Quintero Hernández
© Sandy Liliana Silva González
© James Frank Trujillo Perdomo

Facultad de Medicina

Primera edición, noviembre de 2019
ISBN: 978-958-739-184-8 (Impreso)
ISBN: 978-958-739-185-5 (Digital)

Editor: Miller Alejandro Gallego Cataño
Coordinación editorial: Nicolás Cuevas Alvear
Dirección gráfica y diseño: María Camila Prieto Abello
Corrección de estilo: Liliana Ortiz Fonseca

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
+57 (1) 648 9000, ext. 1395
editorial@unbosque.edu.co
www.unbosque.edu.co/investigaciones/editorial

Impresión: Afán Gráfico S.A.S.
Noviembre de 2019

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.

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. Acreditación institucional de Alta Calidad: Resolución 11373 del 10 de junio de 2016, MEN.

613.6 A23p

Maldonado, Carlos Eduardo

Salud pública y teoría cuántica: un puente para la investigación / Adriana Lucía Acevedo Supelano, Patricia Arias Muñoz, Maximiliano Bustacara Díaz, Camilo José González Martínez, Edwin Mauricio Millán Hernández, Rosalía Olaya Zúñiga, Karina Susana Pastor Sierra, Erika Marcela Quintero Hernández, Sandy Liliana Silva González y James Frank Trujillo Perdomo -- Bogotá: Universidad El Bosque. Facultad de Medicina, 2019.

160 p.; 16 x 24 cm -- (Colección Complejidad y Salud; Vol. 3)

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN: 978-958-739-184-8 (Impreso)

ISBN: 978-958-739-185-5 (Digital)

1. Salud pública 2. Revolución científica -- Ciencias de la salud 3. Ciencias de la salud -- Fenomenología 4. Sociedad cuántica I. Acevedo Supelano, Adriana Lucía II. Arias Muñoz, Patricia III. Bustacara Díaz, Maximiliano IV. González Martínez, Camilo José V. Millán Hernández, Edwin Mauricio VI. Olaya Zúñiga, Rosalía VII. Pastor Sierra, Karina Susana VIII. Quintero Hernández, Erika Marcela IX. Silva González, Sandy Liliana X. Trujillo Perdomo, James Frank XI. Universidad El Bosque. Facultad de Medicina.

NLM: WA 20.5

Fuente. SCDD 23ª ed y NLM. – Universidad El Bosque. Biblioteca Juan Roa Vásquez (Noviembre de 2019) - RR

Colección Complejidad y Salud, Vol. 3

Salud pública y teoría cuántica:

Un puente para la investigación

Carlos Eduardo Maldonado (Comp.)

Adriana Lucía Acevedo Supelano

Patricia Arias Muñoz

Maximiliano Bustacara Díaz

Camilo José González Martínez

Edwin Mauricio Millán Hernández

Rosalía Olaya Zúñiga

Karina Susana Pastor Sierra

Erika Marcela Quintero Hernández

Sandy Liliana Silva González

James Frank Trujillo Perdomo

Contenido

/

/

Cap. **1**

Cap. **2**

Cap. **3**

Prólogo: la vida es cuántica Pág. 11

Introducción: aprendiendo a pensar, una vez más Pág. 19

Experimentos mentales, azar e incertidumbre Pág. 29

1.1 Introducción Pág. 30

1.2 *El jugador* de Fiódor Dostoievski:
emociones y teoría de juegos Pág. 32

1.3 Teoría de juegos, azar y salud pública Pág. 36

1.4 Seres imaginarios y experimentos mentales Pág. 41

1.5 Bibliografía Pág. 43

**De la física clásica a la física moderna:
una ruptura paradigmática** Pág. 47

2.1 Introducción Pág. 48

2.2 El nacimiento de un nuevo paradigma Pág. 49

2.3 Primera revolución científica Pág. 49

2.4 Segunda revolución científica Pág. 51

2.5 La ruptura del paradigma Pág. 56

2.6 Bibliografía Pág. 62

Hacia el universo cuántico de la salud Pág. 67

3.1 Introducción Pág. 68

3.2 La naturaleza en la teoría cuántica Pág. 70

3.2.1 *Ápeiron* de la física cuántica Pág. 70

3.2.2 Centrarse en la realidad Pág. 71

3.3 Espacio-tiempo cuántico Pág. 78

3.4 Gravedad cuántica. Teoría de cuerdas Pág. 80

3.5 Aproximación: salud y teoría cuántica Pág. 83

3.6 Bibliografía Pág. 90

Contenido

Cap. **4**

Cap. **5**

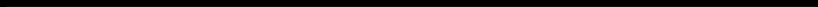
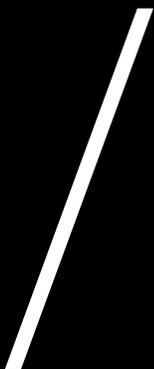
/

/

/

/

La salud entre el mundo clásico y el cuántico	Pág. 93
4.1 Introducción	Pág. 94
4.2 El mundo cuántico y el clásico: una mirada desde la complejidad	Pág. 95
4.3 Límites entre el mundo clásico y el cuántico	Pág. 100
4.4 Punto de encuentro entre el mundo cuántico y el clásico	Pág. 102
4.5 Entonces, ¿qué hace al mundo cuántico tan diferente del mundo clásico?	Pág. 104
4.6 Bibliografía	Pág. 108
Sociedad cuántica y salud pública	Pág. 111
5.1 Introducción	Pág. 112
5.2 Sociedad cuántica y salud pública: la utopía de la diversidad, un “baile” entre partículas y ondas	Pág. 116
5.3 Bibliografía	Pág. 126
Conclusiones	Pág. 131
Los autores	Pág. 135
Índice temático	Pág. 145
Índice onomástico	Pág. 153



**Prólogo:
la vida
es cuántica**

Sin la fenomenología cuántica la vida no sería posible. Existen muchos otros imposibles, de no ser por la cuántica. Mencionemos unos cuantos: i) sin ella el universo no podría ser lo que es (téngase en cuenta que hoy solo sabemos de qué está constituido cerca de un 5 %); ii) la materia, a nivel atómico y molecular, sería inestable; iii) la fotosíntesis, esencial para mantener la vida, en el supuesto de que alguna vez hubiera surgido sin ayuda de un mecanismo cuántico no trivial, es rigurosamente un fenómeno cuántico; iv) la evolución de la vida, desde las macromoléculas que permitieron la aparición de los protistas y los eucariotas hasta lo que llamamos hoy inteligencia natural, cualquiera que ella sea, no habría sido posible sin la cuántica; v) la denominada “inteligencia artificial” tampoco habría surgido, de hecho ninguna de las tecnologías que le dan soporte. La lista podría continuar, pero los ejemplos citados son suficientes para la hipótesis central, título de esta nota introductoria: la vida es cuántica.

Pensar en la vida desde la física cuántica es entender que el tema no se circunscribe a la física, mucho menos a la mecánica, una rama de aquella. La química es en rigor cuántica. Hoy se habla, cada vez con más fuerza, de la biología cuántica. Si bien la mayor parte de los fenómenos cuánticos que tienen que ver con la biología (o con la vida, para el caso da igual) son los denominados “fenómenos cuánticos triviales”, hay otros que son la esencia misma de la fenomenología cuántica, en particular los que caen en la categoría calificada por Einstein como “acciones fantasmagóricas a distancia” (“*spooky actions at a distance*”, lo decía sarcásticamente), en general los fenómenos no locales.

En *Salud pública y teoría cuántica: un puente para la investigación*, volumen editado por el profesor Carlos Eduardo Maldonado Castañeda, con capítulos escritos por estudiantes del

Doctorado en Salud Pública, adscrito a la Facultad de Medicina de la Universidad El Bosque, los autores están asumiendo un reto mayúsculo que se sale de la ortodoxia: el mundo es cuántico. Yendo todavía más lejos, desde la perspectiva del físico estadounidense John Archibald Wheeler, el universo es producto del procesamiento cuántico de la información. Dicho esto, es necesario advertir también que lo que el lector encontrará en este volumen no guarda relación con los avances, ciertamente formidables, en las tecnologías de origen cuántico que favorecen el ejercicio de la medicina convencional, limitada casi siempre a la cura de las enfermedades. Tampoco el tema de la “sanación cuántica”, invocado por no pocos “curanderos”, se aborda en estas páginas.

Como menciona el editor en la introducción, la metodología (del seminario) no consiste, en absoluto, en técnicas de investigación. “Esto es herramental; aquello otro es fundamental, pues implica el cruce entre las ciencias y la filosofía”. La metodología de la investigación propuesta “es un laboratorio para aprender a pensar, siempre, de nuevo. Esto es, para arriesgar, apostar, exponerse, equivocarse, corregirse, y crecer siempre”.

De la mano de su maestro, como debe ser, el estudiante da un primer paso. El siguiente lo lleva a andar, bajo su propio riesgo. Para el caso, andar es pensar. El camino no es expedito. Quienes se atrevieron a recorrerlo por primera vez cometieron errores. Ahora sabemos que la interpretación que le dio Schrödinger a su función de onda no podía ser correcta. Tampoco Heisenberg estuvo en lo cierto cuando explicó con su microscopio mental el principio que lleva su nombre. La interpretación estadística que Einstein le dio a la nueva teoría no es la apropiada. ¿Por qué habría de ser correcta la interpretación de Copenhague, propuesta inicialmente por Bohr, a pesar de que haya sobrevivido hasta el

presente? Un aliciente nuevo, los efectos no locales, es lo que impulsa la segunda revolución cuántica: la verdadera revolución en la energía, pero sobre todo en el manejo de la información.

La humanidad asiste, atónica, al derrumbe de sus máximas conquistas. La Cuarta Revolución Industrial amenaza con dejar sin empleo a tres cuartas partes de la población, mientras que el calentamiento global, acelerado desde la primera, parece no dar tregua: o se aborda el problema en forma definitiva, o no podremos resolverlo a tiempo.

Pensar la salud y no la enfermedad, como propone Maldonado, es un camino promisorio. El reto es grande, los riesgos son enormes. El resultado puede ser altamente satisfactorio, pero exige elaborar propuestas no convencionales desde puntos de vista que tampoco lo son.

En los dos asuntos que acabamos de mencionar, la investigación requiere de un trabajo inter- y transdisciplinario, como nunca antes tan siquiera se había intentado. Base fundamental de este proceso no ortodoxo de investigación, divulgación y difusión es fortalecer las relaciones de las ciencias de la salud, las sociales y las humanas con las ciencias cuánticas, en particular con la naciente biología cuántica. El beneficio es recíproco si se supera el reduccionismo y si se logra eliminar el determinismo mecanicista, tan dañino para todas.

Desde hace poco más de una década, el autor de esta nota “a modo de aperitivo”, ha adoptado parcialmente el criterio metodológico anterior en un curso de contexto que se ofrece a estudiantes de pregrado de todos los programas académicos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Algunos estudiantes de posgrado se animan a tomar el curso, denominado “Cuántica para todos y para todo”. Con el segundo adjetivo

(cuántica también lo es) se quiere expresar el hecho de que el curso se hace, rigurosamente hablando, *sin matemáticas* (valga la pena enfatizarlo con las cursivas). El “para todo”, si se quiere, se puede extender a la literatura. *El Aleph* de Jorge Luis Borges es un clásico ejemplo de cómo hacerlo con maestría sin mencionar el tema, como lo demuestra Alberto Rojo en su ensayo *Borges y la física cuántica: un científico en la biblioteca infinita*.

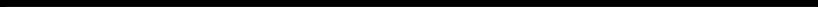
Casi desde el comienzo el profesor Maldonado Castañeda nos ha acompañado en el CPTPT (así abreviamos el curso para los estudiantes) con una conferencia invitada. Estas constituyen una parte esencial del curso: desde diversas disciplinas, participan especialistas en un campo de la física, de áreas relacionadas (química, biología, astrofísica, cosmología) y de otras que lo son menos. Es el caso de Maldonado, aunque no resulta fácil precisar su especialidad, pues ha sido renuente a dejarse identificar. De él puede decirse que es filósofo o complejólogo, lógico o naturalista, tal vez filósofo de la naturaleza en el estricto significado del término, sin que por ello deje de lado la metafísica, una ciencia en sentido kantiano que habría que reformular a la luz de las implicaciones cuánticas. La estética no le es indiferente y mucho menos la ética. Para decirlo sin tapujos, es la conferencia que los estudiantes del CPTPT más disfrutaban. Dicho sea de paso, cada semestre su contribución es diferente a la del anterior y enormemente enriquecedora.

La alusión al curso de contexto, más allá de llamar la atención sobre la experiencia, tiene como propósito estimular este tipo de vínculos académicos que se puede establecer con los estudiantes y entre los estudiantes, y que tan exitosamente promueve Maldonado. Por otra parte, la relación entre la vida y la salud debería ser obvia. Usualmente se ha entendido esta última como

ausencia de enfermedad, pero ese concepto a todas luces se queda corto si se piensa en la medicina preventiva, la más rentable de todas. Como lo afirma Maldonado, el concepto mismo de salud no ha sido pensado, solo la enfermedad. “La vida misma no ha sido pensada”, enfatiza categóricamente. “Enfórmate que yo te curaré” parece ser el eslogan del mercado. Esto lo he aprendido participando en algunos seminarios en el Doctorado en que se inscribe esta reseña.

Bienvenido, pues, este singular llamado a pensar la vida y la salud y a buscar los vínculos naturales que a ellas les corresponden con las ciencias cuánticas.

Jairo Giraldo Gallo
Profesor titular
Departamento de Física
Universidad Nacional de Colombia



Introducción: aprendiendo a pensar, una vez más

Hasta la fecha hemos vivido tres revoluciones científicas: la primera, la ciencia clásica o moderna, que tarda alrededor de cuatro siglos para emerger y consolidarse; la segunda es la teoría cuántica (y como se afirma en este libro, no solo la física cuántica), y la tercera es la de la información. Existe una fuerte ruptura entre la primera revolución y las otras dos. Un rasgo psicológico, cultural y emocional que puede ser destacado es que la ciencia moderna es ciencia que se basa en el primado de la percepción natural. Por ello mismo es el resultado de un dúplice proceso: observación y experimentación. En contraste, las otras dos revoluciones científicas son alta y crecientemente contraintuitivas. Y existen fuertes imbricaciones, cada vez más, entre ellas.

Las dos teorías –clásicas, decimos retrospectivamente hoy– más sólidas en la historia de la humanidad son la teoría de la evolución y la teoría cuántica. La primera es la mejor teoría jamás desarrollada para explicar cambios, transformaciones. La segunda es, de lejos, la teoría más sólida jamás habida, probada, confirmada, verificada, falseada hasta el undécimo decimal.

La importante bióloga Evelyn Fox Keller sostenía que la teoría de la evolución es el punto arquimédico de toda la cultura y la civilización actual; hasta el punto de que, si se suprimiera, todo el armazón del mundo actual se caería en pedazos. Por su parte, la teoría cuántica es la mejor teoría desarrollada para explicar qué es el mundo, la naturaleza, la realidad. Esas que, clásicamente, fueron preguntas de la filosofía y de la metafísica *lato sensu*.

Sin embargo, existe una tragedia. Tres grupos de ciencias –¡grupos!– claramente sensibles e importantes para la vida en el mundo son a la fecha manifiestamente precuánticas. Se trata de las ciencias de la salud –dentro de la cual se incluye la medicina–, las ciencias sociales y las ciencias humanas. Emerge, en conse-

cuencia, un imperativo al mismo tiempo epistemológico y ético: debe ser posible que estos tres grupos de ciencias se actualicen. Esto es, por decir lo menos, que aprendan. De un lado, de la teoría de la evolución, y de otra parte también de la teoría cuántica. Al fin y al cabo, lo que les compete a aquellos grupos de ciencias son aspectos tan determinantes como la salud, el convivio, la vida en sociedad y el cuidado, siempre, del individuo, además de sus relaciones con el medioambiente, esto es, con la naturaleza.

Este libro es el resultado de un seminario de investigación en el marco del Doctorado en Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Universidad El Bosque. Bien entendida, la metodología no consiste, en absoluto, en técnicas de investigación. Esto es herramental; aquello otro es fundamental, pues implica el cruce entre las ciencias y la filosofía. La metodología de la investigación es el esfuerzo por entender cómo pensaron, trabajaron, investigaron e incluso vivieron científicos importantes en la historia de la humanidad, como Galileo o Newton, Vesalius o Leeuwenhoek, Pasteur o Koch, Einstein o Bohr, y así sucesivamente.

Dicho escueta y sucintamente, la metodología de la investigación es un laboratorio para aprender a pensar, siempre, de nuevo. Esto es, para arriesgar, apostar, exponerse, equivocarse, corregirse, y crecer siempre, en marcado contraste con esa idea insulsa y normalizadora que la ve como un asunto de técnicas y herramientas de investigación, que es como confundir los cubiertos con la cena o el camino con los zapatos, por ejemplo.

Los autores de este libro, todos estudiantes del Doctorado, se encontraron por primera vez en su vida con la teoría cuántica. Las dificultades fueron enormes, pero las sorpresas fueron aún mayores. Para decirlo en pocas palabras: el resultado del trabajo y el asombro es este libro, que representa, por lo demás, lo que un

doctorado debe hacer: tratar de situarse en las fronteras del conocimiento y darse, denodadamente, a la tarea de correr esas fronteras. Un doctorado es, dicho en general, un salto cualitativo total comparado con los niveles de formación y de educación anteriores.

Las ideas que se tejen en este libro son dos: de una parte, sobre la base de la apropiación básica de la teoría cuántica, el hecho de que ella implica una nueva forma de ver la realidad. Si cabe, podríamos parafrasear esto en los siguientes términos: la belleza está en quien la mira; o lo que es equivalente, la realidad es lo que el cerebro interpreta que es real, pues “allá afuera” no sucede nada. El cerebro recibe datos permanentemente de los sentidos, incluida la piel –la piel del mundo–, pero es el cerebro quien interpreta y define qué sucede “allá afuera” o no. Lo hace gracias a esa dúplice capacidad que tiene y que se condensa en el nombre de “epigenética”: la herencia y el aprendizaje.

De otra parte, al mismo tiempo, así sea a título de metáfora, es la idea de que la sociedad puede ser diferente, mejor, para lo cual se acuña el adjetivo adecuado: “cuántica”. Pues bien, es exactamente en este punto donde se impone una advertencia.

Existe, allá afuera, en el mercado –el mercado de bienes y servicios; en la publicidad y en el sentido común, pero también en una parte de la academia–, mucho ruido acerca de la física cuántica y de la teoría cuántica. Es más: lo que más abunda es ruido y, perdón, cochinas, acerca de la cuántica. Hay quienes hablan –siempre erróneamente– del yo cuántico, de la organización cuántica, del derecho cuántico, por ejemplo. Es lo que sucede con las teorías exitosas de siempre, de punta. Aparecen los “superficialistas” (como una especialización) que tienen solo ideas vagas acerca de la física cuántica, y dicen lo que les viene en gana para aprovecharse de los incautos, los neófitos o los desconocedores.

Y generalmente, como es efectivamente el caso, se concentran en la más popular –y ya hoy muy cuestionada– interpretación de Copenhague. No tienen ni idea de que esa es solo una de las interpretaciones acerca de la mecánica cuántica. Ignoran la mecánica de ondas, y tienen una idea muy superficial del entrelazamiento. Es lo que sucede, en el campo de la salud, con esos usurpadores que hablan de sanación cuántica.

Este libro quiere explorar, cuidadosa, prudentemente, puentes entre la teoría cuántica y la medicina a partir de un hilo conductor: la salud; y específicamente, la salud pública. Para nada aparece aquí, en ningún lugar, nada de “sanación”. Como observará un lector cuidadoso, parte de la bibliografía apunta a mejores desarrollos y comprensiones que la interpretación de Copenhague. Esto es, las ideas popularizadas de Niels Bohr.

A lo largo de los capítulos –cada uno de ellos, autocontenidos cautelosamente– se ve un proceso de apropiación, pero al mismo tiempo de reflexión que tiene un horizonte claro: contribuir a los problemas de la salud. La salud, que es quizá el caso más sensible de la vida misma. Pues una cosa es cierta y está en la base, por tanto, no visible, de este libro: el problema no es ya para nada la enfermedad. Debe ser posible pensar la salud, algo que no se ha hecho propiamente en la historia de Occidente.

Nos encontramos en medio de una auténtica revolución científica. Las revoluciones científicas, una idea que hace popular Th. Kuhn, pero que en realidad se remonta a tres antecedentes menos conocidos, pero más fundamentales. Debemos la idea de revoluciones científicas, recientemente, a G. Canguilhem, A. Koyré y G. Bachelard. Pues bien, las revoluciones científicas –podríamos, de consuno, agregar la Cuarta Revolución Industrial en marcha– exigen absolutamente pensar. Y si es posible, transformar las es-

estructuras con las que hemos vivido hasta la fecha. Pensar, una de las formas más nobles de existencia, pero también la más desconocida, pues lo que impera es el conocer.

Es evidente que el conocimiento es determinante en el desarrollo de los seres humanos. Ya varios autores –Maturana y Varela, Solé, Kauffman, y varios más– han puesto suficientemente de manifiesto que conocer y vivir son una sola y misma cosa. Lo más grande que puede hacer un sistema vivo en general es lo más peligroso al mismo tiempo: conocer, explorar nuevos territorios, adentrarse en espacios y experiencias desconocidas hasta el momento. Pues en esa exploración y apuesta se les puede ir la vida.

Pues bien, sobre la base del conocer, pensar es un asunto de una envergadura, riesgo y dignidad al mismo tiempo aún más fuertes. Formar investigadores, para decirlo de manera escueta, consiste ante todo en formar pichones de científicos; no simple y llanamente doctores. Y nadie puede llegar a ser científico si no osa pensar –pensar por sí mismo, pensar de manera crítica, pensar autónoma, en fin, radialmente–. Es, por lo menos, mi apuesta personal con mis estudiantes. Una apuesta sincera, desprevenida, abierta y sin tapujos o cartas escondidas. Pero siempre alegre y frutiva. Como la vida, como la salud misma.

La salud no ha sido pensada; siempre solo, prioritariamente, y no sin buenas justificaciones, la enfermedad. Es tanto como decir que la vida misma no ha sido pensada; solo su ausencia, la soledad, el sufrimiento, la muerte. Toda la historia de la medicina está, dicho epistemológicamente, acompañada del primado de la percepción natural, y en muy buena medida, del sentido común. El sentido común que es esencialmente acrítico. Incluso el nacimiento y desarrollo de la medicina científica, con todo y sus ramas, anatomía, fisiología, etc., corresponde a esa historia.

La teoría cuántica plantea serios desafíos: por ejemplo, ver fenómenos contraintuitivos. La enfermedad se ve, y hay que verla. En contraste, nadie ha visto la salud, en el sentido de la percepción natural. Análogamente a como nadie ha visto la vida: la vida la imaginamos, la concebimos, la amamos, pero nadie la ha visto. De la misma manera, los fenómenos y comportamientos cuánticos ponen de manifiesto una dimensión que las ciencias de la salud, las ciencias sociales y humanas jamás habían adivinado: los tiempos microscópicos. Las cosas más importantes en la vida proceden siempre de escalas microscópicas, pero se plasman, al cabo, en tiempos macroscópicos: la salud, la enfermedad, la atención, la captación de una idea, el chispazo, el ¡ajá! (*serendipity*), el eureka, el recuerdo, el conocimiento, y muchos más.

Debe ser posible, por tanto, pensar también en tiempos microscópicos que son vertiginosos. El tiempo real es hoy y cada vez más el tiempo de las escalas microscópicas: en finanzas, en sistemas de seguridad, en sistemas de información, en el sistema inmunológico, en el funcionamiento del cerebro, en los plegamientos de proteínas, en la detección de anticuerpos y en la producción de antígenos, y en muchas otras escalas y dimensiones. Debemos poder aprender a pensar también de cara a estos otros tiempos.

Tenemos aquí el primer intento serio *–to the best of my knowledge–* por tender puentes entre la salud y la teoría cuántica; esto es, entre la medicina, en sentido amplio, y la más robusta y sólida de todas las teorías habidas jamás en la historia. Siempre, en la vida, en cualquier expresión que se quiera, el momento más difícil consiste en dar el primer paso. Otros vendrán, mejores, más seguros, como un bebé cuando aprende a caminar.

Hemos tomado una decisión: dar un primer paso en la exploración, seria, rigurosa, aunque tentativa y tímida, en la crea-

ción de puentes entre la medicina o las ciencias de la salud y la mejor teoría para explicar el mundo, la naturaleza, el universo.

Hay un lugar en el que para cada quien el mundo o el universo acaece: el propio cuerpo. Solo que el cuerpo es una sola cosa con la mente –y más allá, con la herencia y con la cultura–. No existen dos cosas: naturaleza y cultura, sino una sola. Pues bien, literalmente, el lugar donde se encarna (*embody*) la confluencia entre mente y materia, o entre naturaleza y cultura, o entre herencia y aprendizaje, o bien, igualmente, entre ontogénesis y filogénesis es en el cuerpo. El cuerpo viviente –*Leib*, en alemán; en oposición al *Körper*– es ese ámbito que nos desborda y en el que hundimos al mismo tiempo las raíces en la tierra, el que nos lanza a nuevos espacios recónditos –gracias a los sueños, la imaginación o la mente–, y sin el cual no hay experiencia alguna en el mundo. El objeto primario de una buena medicina, pero también, el misterio de haces de vivencia que no terminamos de atrapar o de comprender muchas veces.

Un solo tema nos convoca: pensar la vida, y hacerla posible, tanto como quepa imaginar. Solo que el momento más importante –no el único– es la salud. Y la salud no se sabe a sí misma: se exhibe en el mundo, nos jalona, nos arrastra por montañas y valles. Debemos poder pensarla, eso es todo.

**Carlos Eduardo
Maldonado Castañeda**

1

Adriana Lucía Acevedo Supelano
Rosalía Olaya Zúñiga
Camilo José González Martínez
Karina Susana Pastor Sierra
Maximiliano Bustacara Díaz

Experimentos mentales, azar e incertidumbre

*Tendemos a engañarnos con
autonarraciones porque
nos gusta simplificar, ver
patrones y tejer explicaciones.*

Nassim Nicholas Taleb

1.1 Introducción

Prácticamente existe unanimidad ante el interrogante: ¿cuál es la relación entre la teoría cuántica y las ciencias de la complejidad? Esta inquietud surge para el lector desprevenido de un escrito resultado de un conjunto de ensayos basados en libros que hacen referencia a la teoría cuántica, puesto que es lógico preguntarse: ¿en qué punto se encuentran la teoría cuántica y las ciencias de la complejidad?

Para tener un panorama del tema es necesario pasar por este primer capítulo, el cual se desarrolla en el contexto de una de las principales herramientas científicas: “la imaginación, la fantasía” (Maldonado, 2015).

En este capítulo se atraviesa por los senderos de la ludopatía y de los seres imaginarios para terminar resaltando la importancia de los experimentos mentales, todo como el prelude de lo que es necesario para pensar como un verdadero científico, es decir pensar con fundamento en los cuatro rasgos epistemológicos de los “eventos raros”: ver lo no visto; pensar lo impensado; ver lo que (aún) no existe y lo posible; e incluso lo imposible mismo (Maldonado, 2016).

La importancia de las ciencias está relacionada directamente con sus consecuencias y resultados, es decir que no se encuentra en el aparato metodológico, teórico o matemático, por lo que no existe ningún elemento interno que permita distinguir –y menos jerarquizar–, por ejemplo, ciencia y mito, o religión o poesía. Existen múltiples formas de racionalidad humana, y la ciencia es una de ellas. Sus consecuencias se caracterizan por partir de un discurso o de una práctica, y cuando son mejores en comparación con otros, permiten validar su resultado.

La primera revolución científica tardó bastantes siglos en aparecer o en consolidarse, y se conoce como la ciencia moderna o clásica. Es la forma de racionalidad que corresponde a una nueva visión del mundo y a una nueva clase social llamada “burguesía”, la cual estaba siempre orientada a sus propios intereses. La ciencia moderna estableció una concepción de ciencia como control, predicción, intervención y manipulación, realizada por hombres, que nace al margen de la universidad, y tal vez en los institutos de investigación o en las academias.

Después surgen las “ciencias de frontera”, como resultado de los “problemas de frontera” que pudieron ser detectados cuando surgió el computador, con lo que se hizo el tránsito de la pequeña ciencia a la gran ciencia, coincidente con la emergencia de la sociedad de la información y el paso a la sociedad del conocimiento.

Esto llevó a un grupo de ciencias que no tiene un “objeto de estudio”; son ciencias como síntesis, ciencias que se definen por problemas en los que confluyen distintas metodologías, enfoques, disciplinas, ciencias y tradiciones, y problemas que no pueden ser resueltos por una sola ciencia o disciplina. Las ciencias de frontera se definen como ciencia en plural, “ciencias” (Maldonado, 2015).

Ahora bien, sin la menor duda, las ciencias de la complejidad son ciencias de punta, constituyen un nuevo grupo de ciencias que comportan una verdadera revolución científica en el más amplio pero preciso de los sentidos (Maldonado, 2016), y en este aspecto necesitan de los verdaderos científicos, con pensamiento que les permita aportar haciendo uso de la imaginación.

Para esto entraremos en el análisis de dos textos de la literatura que, en una primera mirada, pueden estar lejanos de las ciencias de punta, pero que dan cuenta de rupturas o quiebres que

resultan en revoluciones científicas, específicamente durante la segunda revolución científica, la cual nace en el campo particular de la física cuántica, o teoría cuántica. Ello, con una puntualización, a saber: la medicina y todas las ciencias de la salud hoy son precuánticas; no se han enterado de la segunda revolución científica. Por su parte, las ciencias sociales y humanas, en el sentido amplio e incluyente de la palabra, son igualmente precuánticas.

1.2 *El jugador* de Fiódor Dostoievski: emociones y teoría de juegos

*Hay autores que prefiguran y dan sentido a una época.
De esa estatura es sin duda Fiódor Dostoievski, el escritor
que transformó la comprensión
y la expresión de la condición humana.*

Juan Villoro

Este apartado presenta la obra *El jugador*, de Fiódor Dostoievski, y un análisis crítico desde las emociones y los impulsos como un acercamiento a la emoción y la ludopatía desde el punto de vista de la toma de decisiones, y, sobre todo, del equilibrio de Nash y el dilema del prisionero, que son estrategias o tipos de juegos en la teoría de juegos. Se trata, por tanto, de considerar cómo las emociones y la connotación social juegan un papel fundamental en la descripción de realidades en las sociedades humanas y en la teoría de juegos no cooperativos.

La obra *El jugador* se debate entre sentimientos acumulados y escondidos, esperanzas de obtener beneficios a causa de decisiones y manejo de información, pero sobre todo entre las emociones de los personajes, que buscan constantemente cambiar su destino (supeditado a decisiones de factores altamente influenciadas que involucran decisión – algoritmo caótico).

Tanto el azar como su injerencia sobre las emociones de quienes toman decisiones juegan un papel muy importante, lo que Chóliz (2006) destaca al comparar las adicciones tóxicas y no tóxicas, las cuales presentan patrones similares: impulso a repetir una conducta desadaptativa, acumulación de tensiones hasta que se completa la conducta; luego se observa un alivio rápido –pero temporal– de la tensión, y finalmente el retorno gradual al impulso. Esto se refleja en el deterioro del entorno en que se desarrolla la novela y en las relaciones sociales basadas en el “golpe de suerte” y el azar del juego.

La asociación entre la investigación y la ludopatía es el componente central resultante del libro de Dostoievski; “trata de entender esa forma de vida que es la investigación, o el amor por el conocimiento, como esa experiencia en la que el científico se desboca a sí mismo, para alcanzar, ulteriormente, una gran obra” (Maldonado, 2018b). Se trata de una apuesta por alcanzar inventos, ideas que realmente transformen el conocimiento existente.

Las emociones se producen en el cerebro, es decir, en el paradigma encefalocéntrico, el cual establece jerarquías; por su parte, las pasiones implican al cuerpo; las emociones son susceptibles de ser controladas, pero las pasiones “conducen a lo espontáneo, a la ausencia de control, a la libertad misma, al final al azar y a la aleatoriedad” (Maldonado, 2019).

En relación con las emociones y pasiones como cuestión, surge en el debate el origen de las ciencias cognitivas. Para precisar, en el siglo xx aparecen las ciencias de la salud, de la vida, de la complejidad, las ciencias del espacio, del comportamiento, las ciencias cognitivas, entre otras, todas fundadas a partir de problemas de frontera¹, los cuales no pueden ser resueltos por una sola disciplina. Puntos de encuentro, campos de abordaje, que no están presentes en otros, es lo que permite pensar en términos de interdisciplinariedad. Es este el punto en el que se encuentran distintas tradiciones y metodologías, por lo cual se es más científico cuando se trabaja en problemas de un calibre mayor y pensados en términos de interdisciplinariedad.

Los personajes de *El jugador* se encuentran en un ambiente al filo del caos, dado por las circunstancias del contexto social y económico del momento, como la posición social, la pobreza, la capacidad de riesgo y el azar en Rusia, tema fundamental del texto. Es precisamente el azar lo que la ciencia moderna no conoce; este nace a finales del siglo xvi, y es Gerolamo Cardano (1501-1576), médico matemático, quien ofreció la primera aproximación a la teoría de la probabilidad, que corresponde al control del azar, el cual es propio de la segunda revolución científica. Es un azar que no se puede controlar dado que es constitutivo de la realidad y la naturaleza. De ahí parten dos teorías de probabilidades: la teoría clásica de probabilidades, y más adelante la teoría discreta

¹. El ejemplo más claro de problema de frontera es la salud: no es posible abordarla desde una sola disciplina o en términos segmentados y compartimentados, como son las políticas públicas, ya que estas dependen del Estado, y este agente opera actualmente fragmentado con múltiples competencias que no permiten abordar la salud como un problema.

de probabilidades, la cual es una puerta de entrada al papel del azar en la teoría cuántica.

Es relevante comprender que la investigación no se define a partir de lo que se sabe, sino, por el contrario, de lo que no se sabe; lo que ya se conoce en la actualidad se denomina “ciencia normal”. La investigación requiere moverse hacia las fronteras del conocimiento, para lo cual debe existir la capacidad de apuesta y de riesgo al hacer investigación como una forma de ludopatía.

Se puede decir que existen dos clases de seres humanos: los que conservan el mundo y los que mueven el mundo; estos últimos, resolviendo problemas de frontera. Un ejemplo claro de mover el mundo a través de la ciencia es el de Max Planck, Nobel de Física 1918, quien creó la física cuántica. “Son pocos los investigadores que alcanzan a visualizar, y mucho menos a proponerse la realización de grandes síntesis. Pues, como queda dicho, la inmensa mayoría son minimalistas por técnicos” (Maldonado, 2018b).

Los elementos de la ciencia no son racionales, se traducen en inconformidad, pasión, necesidades, deseos, etc.; por consiguiente, la investigación no se hace con la razón, pero tampoco se hace sin la razón, es decir, no se cumple en la razón. La ludopatía, el juego, el riesgo y las revoluciones se presentan porque no hay otras opciones, suceden “por” y “como” anomalías.

El concepto de la investigación nace en el transcurso de la primera revolución científica y se consolida en el siglo xx. La ciencia se define hoy por la investigación, por tener capacidad de riesgo y de apuesta, esta última se ocupa de establecer cómo las decisiones son racionales. En cualquier caso, es importante atender al hecho de que –según la teoría de la decisión racional– las decisiones humanas se dividen en dos: las paramétricas, en las que existen los parámetros de mi decisión, literalmente es “ir a la fija”, y las

estratégicas, que responden a la incertidumbre; la incertidumbre nunca proviene de mí, sino del “otro”. Hay un rasgo de incertidumbre en mi decisión que no va a depender de mí, sino de un factor externo.

1.3 Teoría de juegos, azar y salud pública

La situación desarrollada en el contexto social de *El jugador* de Dostoievski deja en evidencia que alrededor del juego de azar (la ruleta en este caso) hay un juego plenamente articulado entre los personajes de la obra literaria y sus decisiones. Esta situación se puede analizar desde la teoría de juegos que Kuhn *et al.* (1994) –en el marco del documento *Seminario Nobel 1994*– presentan como una teoría de decisiones interactivas.

Monsalve (2003) resume la teoría de juegos como el estudio del comportamiento estratégico cuando dos o más individuos interactúan y cada decisión individual resulta de lo que uno espera que hagan los otros, es decir: “[...] esperar que suceda a partir de las interacciones entre individuos” (p. 138).

Así mismo vale la pena mencionar que en *El jugador* se puede considerar el equilibrio de Nash tanto como el “dilema del prisionero” (*Equilibrium Points in n-Person Games*, 1950, citado por Martínez, 2016), el cual se ejemplifica de la siguiente manera: dos delincuentes son detenidos y separados; a cada uno se le brindan dos opciones: confesar o no confesar, todo a cambio de reducir su sentencia en prisión. Las posibilidades son: ninguno confiesa y los dos van un año a prisión; uno confiesa, queda libre,

y el otro tendrá tres años de prisión; los dos confiesan y pasan dos años en prisión; el equilibrio se presenta solo en el caso de que los prisioneros confiesen (ver figura 1).

	B no confiesa	B confiesa
A no confiesa	1 año, 1 año	3 años, 0 años
A confiesa	0 años, 3 años	2 años, 2 años

Figura 1. Dilema del prisionero (Martínez, 2016).

La situación representa un dilema puesto que la mejor estrategia de cada jugador los lleva al peor de los resultados posibles, lo cual nos transporta de inmediato al final de la historia de Dostoievski, considerando que la participación de emociones humanas y las adicciones no tóxicas (psicopatologías diagnosticables) forman parte del equilibrio de Nash, y en el caso estas no forman parte de la mejor decisión por las partes.

Retomando a Monsalve (2003), esperar interacciones entre individuos conduce a establecer contacto con decisiones basadas en emociones, impulsos, gustos, relaciones sociales y aspectos humanos que van más allá del equilibrio. Por esta razón, la novela se enmarca en la teoría de juegos no cooperativos; en efecto,

los individuos actúan de manera egoísta tratando de predecir lo que los otros jugadores harán.

Al respecto, Bautista (2018) plantea que “[...] los jugadores no cooperaban al carecer de mecanismos que les permitieran llegar a acuerdos vinculantes; no es que no quieran colaborar, es que no pueden” (p. 40).

Según lo anterior, se presenta una emergencia, la imposibilidad de que se alcance algún nivel de cooperación; en consecuencia, la competencia egoísta puede conducir a beneficios inferiores a los planteados en los estados cooperativos ideales. Es por esto que el “dilema del prisionero” no representa la mejor situación para los jugadores, socialmente hablando, y se enmarca en la estructura social, como se hace evidente en las jerarquías y estructuras en la época planteada por Dostoievski –plasmando, sin lugar a dudas, las actuales condiciones de nuestra sociedad.

Entre las teorías del siglo xx se encuentran la teoría de acción colectiva, la teoría de la decisión racional y la teoría de juegos; estas tres conforman una sola unidad perfectamente idónea para explicar los sistemas sociales humanos.

La teoría de la acción colectiva aparece en el marco de la política; gracias a esta se hace evidente que la cooperación –o también la acción colectiva– es fácil de alcanzar. La dificultad estriba en que siempre hay alguien que impide o limita la acción colectiva o que no está dispuesto a pagar el precio que requiere la cooperación. La teoría denomina a este actor como el gorrón (*free-rider*), y precisamente se ocupa de ese problema, o mejor, de ese obstáculo.

La teoría de la decisión racional se ocupa de establecer si las decisiones humanas son racionales, ya que usualmente no lo son. Se compone de decisiones paramétricas y decisiones estratégicas.

gicas; las paramétricas resultan cuando alguien toma decisiones atendiendo solo a los parámetros de la propia decisión; coloquialmente se puede decir entonces que “mi decisión va a la fija”. Las decisiones estratégicas se relacionan con la incertidumbre, la cual no proviene directamente del agente que toma las decisiones sino de los otros, de otras circunstancias; así, es el otro o el mundo los que introducen la incertidumbre, es decir que en las decisiones existe un rasgo de incertidumbre que no depende de cada quien, sino de un factor externo. El marco de la teoría de la decisión racional es la economía.

En estrecha relación con esta teoría se encuentra la teoría de juegos, en el contexto de las matemáticas. Esta busca establecer si, y cómo, juegos no cooperativos pueden dar lugar a juegos cooperativos. En el mundo, en efecto, priman las reglas de los juegos no cooperativos, ya que la desconfianza ocupa el primer lugar en las relaciones humanas en prácticamente todos los órdenes. Un tipo de juegos son las “loterías”, y estas no son racionales, y en determinados momentos una forma de ser racional es ser irracional.

La teoría de juegos se compone de cuatro modelos básicos de juego: “toma y daca” (*tit-for-tat*), “juego de la gallina” (*chicken game*), “juego del dilema del prisionero” y “juego del buen samaritano”. Para establecer la armonía en las anteriores teorías, existe el equilibrio de Nash, el cual consiste en el juego del “toma y daca”: con jugador A y jugador B, la mejor estrategia del jugador B de segundo turno consiste en repetir la estrategia del primer jugador. Hay equilibrio y cooperación cuando en una sola jugada el segundo jugador en el turno repite la jugada del primer jugador. Los otros juegos permiten otros tipos de equilibrio diferentes, de mayor complejidad.

El juego de la gallina consiste en hacerle creer al otro que es un gallina —es decir un perdedor— y juega con la autoestima del otro, y de quién gana más o quién gana menos. Uno de los dos gana, pero gana con diferencias, poniéndose acaso en el lugar del otro.

El dilema del prisionero muestra que la sociedad moderna es individualista y que la racionalidad individual no garantiza la racionalidad colectiva. La forma inversa del dilema del prisionero corresponde al problema del buen samaritano, en el cual, por ejemplo, alguien quiere a toda costa el bien del otro; así, resulta que ser un buen samaritano es también irracional. Para concluir, en un juego a largo plazo la mejor estrategia es la cooperación, que es mejor que el egoísmo. La comprensión de esto se logra mediante modelamiento y simulación, más exactamente mediante juegos iterativos, es decir juegos que se juegan no una sino varias veces, en una serie abierta e indeterminada.

Pues bien, considerar la salud pública es pensar en condiciones de población, más allá del individuo y de los juegos no cooperativos. Si consolidamos una teoría para innovar o mejorar la salud pública es pertinente establecer procesos de interacciones cooperativas, buscar la forma de propender al crecimiento conjunto minimizando los latentes determinantes sociales de la salud. En el capítulo 5 se establece una relación entre la posibilidad de aplicar la teoría cuántica a la sociedad, estableciendo un mecanismo para poner en evidencia juegos cooperativos que mejoren las condiciones de vida de todos y cada uno. Es por eso que utilizar la imaginación y lograr desarraigar los preconceptos y juicios de valor es un buen comienzo para desarrollar un experimento mental de una sociedad más cooperativa, que quizá después podremos denominar cuántica.

1.4 Seres imaginarios y experimentos mentales

Jorge Luis Borges (1899-1986) nació en Argentina, escribió textos que están perfilados en los géneros de ficción, poesía y cuento. Su obra *El libro de los seres imaginarios* fue publicada en 1957 y pretendía ser la primera de su tipo. En palabras de su autor, es una recopilación de seres extraños que han surgido de la invención humana; en la imaginación humana el mundo real es reemplazado por un mundo de fantasías, seres imaginarios de todos los lugares del planeta, objeto de fantasías por distintos hombres y mujeres, pero sobre todo por escritores, historiadores y algunos místicos de la historia, aquí y allá. Cabe resaltar el trabajo investigativo del escritor, con un recorrido por la literatura, la filosofía, las tradiciones históricas, culturales y teológicas, y una pasión por la imaginación para lograr tal recopilación.

Una obra literaria como la de Borges centra al lector en la imaginación, la innovación, la creatividad, los ejercicios de reflexión en la vida y los preconceptos propios, que conducen a experimentos mentales, en los que sin duda el tema central es la imaginación: “El experimento mental puede ser asumido como acción de pensamiento donde se valoriza la experiencia conservada por el recuerdo y el lenguaje, es decir, el experimento mental se constituye en un recurso de la imaginación que permite crear o visualizar muchos posibles”(Aguilar y Romero, 2011, p. 4).

En el siglo XVII se destacaron experimentos mentales como los de Galileo y Descartes, los cuales permiten hacer en ciencia la distinción entre lo trivial y lo no trivial; el sentido de la vida misma consiste en tratar de establecer si hay o no trivialidad; la no trivialidad conduce a la creatividad, la innovación y la genialidad.

Se está aquí frente a la más fundamental herramienta científica: la imaginación, la fantasía. El uso de experimentos mentales constituye la piedra angular de la actividad de un verdadero científico. Esto es que sus actos y procesos ideatorios están alimentados por experimentos mentales, pompas de intuición y juegos de fantasía (Maldonado, 2014).

El cimiento de la ciencia en el sentido más amplio de la palabra estriba en la capacidad de llevar a cabo experimentos mentales, y todo esto porque los grandes avances del conocimiento se han dado gracias a estos experimentos antes que a la formulación de hipótesis, observación, o de la misma descripción (Maldonado, 2015).

Los experimentos mentales son conocidos como “pompas de intuición”, que son un método heurístico, y es un trabajo con la imaginación creativa, no con la asociativa. En esto radica su dificultad (Maldonado, 2018a), ya que hasta la fecha la ciencia tradicional se ha fundamentado en su trabajo con dos tipos de métodos científicos: la inductiva y la deductiva, y por tanto simplemente con métodos cualitativos y cuantitativos, en contraste con la imaginación, la cual conduce a una tercera clase de ciencia: aquella que se hace por el modelamiento y la simulación propios de las ciencias de la complejidad. Las ciencias de la complejidad trabajan con su principal herramienta que es la imaginación, un trabajo en un esfuerzo de creación de diversas posibilidades, realidades, mundos, pero no bajo el esquema del método científico estricto, sino por medio de la elaboración de modelos, pensar lo no pensado y, en palabras del complejólogo Carlos E. Maldonado: “Nadie piensa bien si no piensa en todas las posibilidades porque alguna de las posibilidades tiene lugar, y adicionalmente suceden en el mundo independientemente de ti o de mí; ulteriormente, acontecen fenómenos imposibles”.

1.5 Bibliografía

- Aguilar, M. y Romero, Á. (2011). A propósito de los experimentos mentales: una tentativa para la construcción de explicaciones en ciencias. *Revista Científica*, 1(13), 170. <https://doi.org/10.14483/23448350.613>
- Bautista, G. (2018). *Teoría de juegos: el penalty de Nash*. Recuperado de [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/77496/Bautista Baquero Guillermo TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/77496/Bautista_Baquero_Guillermo_TFG.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chóliz, M. (2006). *Adicción al juego de azar*. España: Universidad de Valencia.
- Kuhn, H., Harsanyi, J., Selten, R., Weibull, J., Van Damme, E., Nash, J. y Hammerstein, P. (1994). The work of John F. Nash Jr. in Game Theory. *Nobel Seminar, 1994*, 29. <https://doi.org/10.1215/S0012-7094-95-08102-2>
- Maldonado, C. (2015). Pensar la complejidad, pensar como síntesis. *Cinta de Moebio*, 54, 313-324. <https://doi.org/10.4067/s0717-554x2015000300008>
- Maldonado, C. (2016). Ciencias de la complejidad, educación, investigación. Tres problemas fundamentales. En Universidad Simón Bolívar, *Simposio Internacional Educación, Formación Docente y Práctica Pedagógica en Contexto* (pp. 49-64). Barranquilla: Universidad Simón Bolívar.
- Maldonado, C. (2016). El evento raro: epistemología y complejidad. *Cinta de Moebio*, 56, 187-196. <https://doi.org/10.4067/S0717-554X2016000200006>
- Maldonado, C. (2018a). *El papel de la imaginación para el estudio de los sistemas complejos*. Recuperado de https://www.academia.edu/27112307/El_papel_de_la_imaginacion_para_el_estudio_de_los_sistemas_complejos

- Maldonado, C. (noviembre, 2018b). La investigación científica como ludopatía. *Pacarina del Sur*, 37(22). Recuperado de <http://www.pacarinadelsur.com/home/alma-matinal/1677-la-investigacion-cientifica-como-ludopatia>
- Maldonado, C. (2019). Contra las emociones, por la pasión. *Crítica.cl. Revista Latinoamericana de Ensayo*, año xxii, 1-5. Recuperado de <https://www.critica.cl/reflexión/contra-las-mociones-por-la-pasion>
- Martínez, H. (2016). John Forbes Nash, Jr. (1928-2015). *Economía Informa*, 397, 139-145.
- Monsalve, S. (2003). John Nash y la teoría de juegos. *Lecturas Matemáticas*, 24, 137-149. Recuperado de http://cienciared.com.ar/ra/usr/4/26/john_nash_y_la_teor_a_de_juegos.pdf
- Monsalve, S. (2003). John Nash y la teoría de juegos. *Games and Economic Behavior*, 24, 137-149.

2

Erika Marcela Quintero Hernández
Sandy Liliana Silva González
Karina Pastor Sierra

De la física clásica a la física moderna: una ruptura paradigmática

*Creo que puedo decir con seguridad
que nadie entiende la mecánica cuántica.*

Richard Feynman

2.1 Introducción

El presente capítulo pretende establecer algunas reflexiones de orden epistemológico sobre la ruptura paradigmática de la física clásica con la física moderna y sus implicaciones en la investigación y la ciencia, a partir del texto de Louisa Gilder, *The Age of Entanglement* (2009), en el cual la autora presenta uno de los debates fundamentales en la física del siglo xx, a través de conversaciones imaginadas y reconstruidas entre los físicos que crearon el edificio de la física cuántica.

Gilder logra transportar a aquellos de nosotros que no entendemos la mecánica cuántica a las vidas y los pensamientos de quienes llevaron a cabo la segunda revolución científica, la de la teoría. De esta suerte, es posible un acercamiento no solo a temas relacionados con el principio de incertidumbre de Heisenberg, el principio de superposición, el gato de Schrödinger, la dualidad onda-partícula, el problema del observador, el entrelazamiento cuántico, el principio o idea de no localidad, la ecuación EPR, los saltos cuánticos, la complementariedad, la desigualdad de Bell y el problema de medición, entre otros, sino también una cierta comprensión del ángulo humano de la física moderna, como por ejemplo, la frustración y la angustia que causó en quienes la desarrollaron, además del impacto en las psiques de aquellos que intentaron entenderla (Gilder, 2009).

2.2 El nacimiento de un nuevo paradigma

Actualmente estamos sin duda inmersos en una revolución científico-técnica que significa una nueva forma de producir y pensar la realidad (Castro *et al.*, 2016). En ese sentido son innegables las transformaciones producidas por la ciencia en el conjunto del conocimiento y de la manera en que los seres humanos se perciben y se relacionan con la naturaleza (Maldonado, 2017b).

Para comprender estos cambios abruptos en la manera de pensar de los físicos de la época, es posible explicarlo a partir de los avances de la ciencia. Según T. Kuhn (2007), existen periodos conocidos como “ciencia normal”, que permiten resolver problemas según una serie de reglas y reglamentos que la comunidad comparte. Sin embargo, según esa lógica, se presentan “anomalías” que llevan a cambios profundos en la manera de resolver enigmas, que conducen a las conocidas revoluciones científicas. La transición entre un periodo normal de ciencia y una revolución científica está marcada por definiciones inconmensurables, y aquí reside la intermitencia en el desarrollo del conocimiento (Rivas, 1997).

2.3 Primera revolución científica

Este primer momento se relaciona con la Edad Media, periodo que no contribuyó significativamente a la historia del conocimiento humano (quizás con la excepción de la lógica), ya que primaba la teología (Maldonado, 2012), un asunto de interés central para el clero. Sin lugar a dudas, la única contribución a la historia

del conocimiento es la que se hace en la lógica formal clásica (Beuchot, 1985). Así mismo se debe mencionar que, según Maldonado (2019)¹, la Edad Media tiene tres grandes periodos en los cuales se marcaron muchos procesos históricos culturales importantes: el primero fue la baja Edad Media, en la que prima la fe sobre la razón; seguido de la media Edad Media, en la cual la fe y la razón están al mismo nivel; y por último la alta Edad Media, momento en el que la razón prima sobre la fe. Ser medievales significa creer en Dios, punto. La Edad Media muere porque los teólogos matan a Dios, dando paso a la Modernidad, a través del tránsito del Renacimiento.

Sin embargo, la Modernidad hereda, con otro lenguaje, el prejuicio de la Edad Media en cuanto a Dios, y esto la marca desde su inicio hasta hoy. Se trata de la trasposición de la idea de que existe un único Dios, a la idea de que solo existe una realidad, por lo cual se habla de “la realidad”. La Modernidad es la continuidad de la Edad Media por otros caminos, o, dicho de otra manera, la Edad Media se proyecta hasta la Modernidad con otros lenguajes (Maldonado, 2019).

Por otro lado, surge la ciencia moderna, que se caracteriza por un ocularcentrismo, es decir aquella actitud y aquella relación en las que la realidad y la verdad se fundan en la percepción natural; es, manifiestamente, toda la ciencia clásica que se apoya en autores como Galileo y Newton, entre otros, pero que se proyecta en figuras como Pasteur, Koch, y muchos más. Cabe resaltar que

¹. Las referencias a Maldonado 2019 se basan en apuntes de clase en el Seminario de Investigación IV del Doctorado en Salud Pública, y en conversaciones personales.

—según Maldonado (2019)— cada época desarrolla la ciencia que puede y cada época desarrolla la ciencia que necesita.

Ya desde el medioevo viene surgiendo, lentamente, una nueva clase social: la burguesía. En los comienzos esta era una pequeña clase comercial que tenía pequeños intereses, y que con el tiempo creció hasta triunfar políticamente con la Revolución francesa de 1789, y económicamente con la primera revolución industrial. Es tal su importancia, que la burguesía surge como concepto sociológico, y el capitalismo como concepto económico. Esta clase social avanza y triunfa política y económicamente mediante la primera revolución científica (comercio, esclavismo, la guerra de los Cien Años, el surgimiento y la consolidación de la economía de libre mercado). Esta revolución explica el mundo microscópico mediante términos y metáforas con base en el mundo macroscópico; lo visible en relaciones de causalidad y con métodos analíticos (Maldonado, 2019).

2.4 Segunda revolución científica

Alrededor del siglo XIX las leyes de la física se basaban en los supuestos fundamentales de la física clásica, desde donde se anclaba el avance de la ciencia, un mundo objetivo e independiente, separado de lo humano, un mundo determinado, preestablecido y gobernado por ecuaciones matemáticas perfectas, formuladas con exactitud (Penrose, 2014). Consiguientemente, se consideraba la realidad física independiente de la vida misma y del modo exacto de ser del mundo clásico, no afectado para nada por el observador (Penrose, 2014).

Esta fue la visión científica del mundo desarrollada en gran parte por Galileo, Kepler, Copérnico y Newton, y más tarde también por Maxwell. Se concebía el universo como una máquina vasta y compleja, que opera en líneas estrictamente mecánicas, en tiempos y espacios absolutos. Todo movimiento dentro de este universo tenía una causa. La secuencia de causa y efecto fue rígida e inmutable (Strathern, 2010) y la descripción del movimiento de objetos macroscópicos era obtenida con una precisión cercana a la exactitud (Galíndez, 2007).

Es así como la segunda revolución científica se caracteriza por lo no visible, es decir, no se fundamenta en la percepción natural, sino en fenómenos, realidades y comportamientos contraintuitivos (Maldonado, 2009), siendo este el escenario ideal para el desarrollo de los tres momentos de la revolución cuántica.

El desarrollo de la mecánica cuántica, particularmente en el periodo 1924-1927, representó el comienzo de una revolución que apenas empieza a impactar la investigación científica (Maldonado, 2012), donde se inicia la teoría cuántica que, en concordancia con Maldonado (2017a), es una de las teorías existentes en el mundo más testeada, la más verificada, la más comprobada y la más falseada.

Como se mencionó antes, los tres momentos claves en la historia de la teoría cuántica, que Maldonado (2017a) expone en su artículo “¿Ciencias sociales cuánticas?”, son: primero, la historia comienza en agosto de 1900, cuando M. Planck descubre la noción de *quantum*, que abarca de 1924 a 1926, tiempo en el que científicos como Bohr, Born, Planck, Einstein, Dirac, Heisenberg, Jordan, De Broglie y Schrödinger llevan a cabo sus desarrollos más importantes en el tema. Este primer periodo se

extiende hasta 1935, más exactamente hasta el famoso artículo de Einstein-Podolski-Rosen (Maldonado, 2017a).

Así, el primer momento inicia en 1900 con Max Planck, uno de los físicos que luchó por encontrar un modelo matemático para la radiación de los cuerpos negros. Este modelo pasó por sucesivos perfeccionamientos en un intento de obtener un encaje perfecto entre la teoría y los experimentos, donde se descubre la noción de *quantum*. En palabras de Popper, citado por Losee, se podría decir que siempre es posible lograr el acuerdo entre teoría y datos de observación. Si unos datos determinados resultan incompatibles con las consecuencias de la teoría, cabe adoptar un buen número de estrategias para salvar la teoría (Losee, 2006).

Sin embargo la auténtica revolución cuántica inició cuando en 1905 Albert Einstein hace su contribución al debate (Gribbin, 2009), de manera que este primer periodo va hasta 1935, cuando el mismo Einstein demostró que, según la teoría cuántica, las partículas separadas podrían actuar como si estuvieran conectadas íntimamente, un fenómeno que describió como “acción espeluznante a distancia” (Gilder, 2009).

Según Maldonado (2019), el segundo momento se puede ubicar entre 1947 y 1963, cuando la física cuántica muere, en razón a que el paradigma pasa a ser el de la física atómica a raíz del proyecto Manhattan (Maldonado, 2017a). Este fue un proyecto científico adelantado por los Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial, con ayuda parcial del Reino Unido y Canadá. El objetivo final del proyecto era desarrollar la primera bomba atómica antes de que la Alemania nazi la consiguiera (Guerrero y Vega, s. f.); sin embargo, el concepto clave de este periodo es el “entrelazamiento cuántico”. Maldonado (2017) resalta que

[...] los fenómenos y los comportamientos cuánticos consisten en la superación entre sujeto y objeto, [y que] los fenómenos se encuentran conectados, más allá del tiempo y del espacio, por lo que es la relación entre ellos lo definitivo, y no las entidades particulares. (p. 35)

En resumen, según Kuhn (2007), la transición de la mecánica newtoniana a la cuántica despertó muchos debates, tanto sobre la naturaleza como sobre las normas de la física. Estos debates todavía siguen; cuando los científicos discrepan acerca de si se han resuelto los problemas fundamentales de su campo, la búsqueda de reglas adquiere una relevancia de la que ordinariamente carece. Sin embargo, en tanto los paradigmas se mantengan firmes, pueden funcionar sin un acuerdo sobre la racionalización o sin ningún intento de racionalización en absoluto.

Lo que para Einstein era una inconsistencia insoportable en la vieja teoría cuántica –inconsistencia que hacía imposible el desarrollo de la ciencia normal– para Bohr y otros no era sino una dificultad que se podía esperar que acabara por resolverse a través de los medios normales. Una teoría puede ser más precisa, aunque menos consistente o plausible que otra, lo que se ejemplifica una vez más con la vieja teoría cuántica (Kuhn, 2007).

Algunos físicos, encabezados por Niels Bohr, dirán que no hay imagen objetiva del mundo o la realidad en absoluto. En el nivel cuántico nada hay realmente “ahí afuera”. En cierto modo, la realidad emerge solo en relación con los resultados de las medidas, por lo que la teoría cuántica –según esta concepción– proporciona simplemente un procedimiento de cálculo y no intenta describir el mundo como realmente es, de tal manera que debemos tratar de comprender de qué forma la teoría cuántica nos

obliga a cambiar nuestra concepción de la realidad física (Penrose, 2014).

En este punto retomamos el tercer momento de la historia de la física cuántica, el cual, según Maldonado (2017a), abarca aproximadamente de 1963 al presente. Entre los científicos que se destacan en este periodo se encuentran A. Zeilinger, Ch. Fuchs, A. Khrennikov, siendo el concepto central el de “información cuántica” del que emergen los temas, problemas y desarrollos vinculados a la computación cuántica. En este periodo la física cuántica deja de ser la única ciencia interesada en comportamientos cuánticos, y emergen también otras ciencias y disciplinas que investigan a la luz de la cuántica, como la química (Cjuno y Juan, 2003), la biología (Uribe, 2008), la filosofía (Torre, 2011), las tecnologías de sistemas y comportamientos cuánticos (Maldonado, 2012), la neurología (Pastor-Gómez, 2002), las neurociencias (Mussa, Morales y Berbel Martínez, 2011; López, 2014) y la administración (Inga, 2008; Portillo y Buitrago, 2015).

Lo anterior, debido a que los fenómenos cuánticos dejan de ser microscópicos: existen también comportamientos y sistemas cuánticos macroscópicos, como por ejemplo la astronomía y la cosmología, entre otras (Maldonado, 2017a). En el caso de las ciencias de la salud, las ciencias sociales y humanas, se menciona que estas son precuánticas porque siguen siendo fundadas en la percepción, en la división sujeto y objeto, en fenómenos macroscópicos y concepciones únicas de las realidades.

Teniendo en cuenta lo anterior, se precisa que la transición entre un periodo de ciencia normal y una revolución científica aparece por el surgimiento de anomalías que resultan de problemas que no se pueden resolver, los cuales se configuran en retos, desafíos y dificultades, que conducen precisamente al surgimien-

to de nuevos paradigmas, revoluciones científicas y revoluciones tecnológicas que pretenden dar respuesta a interrogantes.

Resumiendo, la mecánica clásica se fundamenta en el individualismo y el mecanicismo, mientras que en la mecánica cuántica los elementos del fenómeno observado son considerados en constante interacción, es decir, la comprensión de su comportamiento supone una visión holística y relacionada. Así mismo, la existencia del sistema observado no será tal en tanto no entre en acción el sistema observador y viceversa.

Esta posición refuerza la concepción de que la mecánica cuántica estudia grupos interrelacionados y no individualidades aisladas, de tal forma que las ciencias sociales cuánticas no trabajan, en absoluto, a partir de las distinciones entre sujeto y objeto, o entre sujeto y realidad. Existe una conexión de entrelazamiento, si se quiere, más determinante y que está cambiando permanentemente (Maldonado, 2017a).

2.5 La ruptura del paradigma

El principal objeto de estudio del presente capítulo es el cambio en el paradigma, de lo estudiado por la física moderna, al entendimiento y la aceptación del nuevo campo estudiado por la física contemporánea (López y Aboites, 2017). La primera, marcada por una tendencia positivista en la cual solo lo que era observable tenía significado, objetos plenamente cognoscibles e intuitivos, con relaciones espacio-temporales definidas; la segunda incluye en la descripción de sus fenómenos elementos como la

incertidumbre, la falta de identidad y la falta de localidad puntual (López y Aboites, 2017).

Sin embargo, y a pesar de la tendencia positivista de la época, surgen las teorías físicas contemporáneas, como la teoría de la relatividad, la teoría cuántica o el modelo estándar de partículas elementales, siendo hasta hoy las posturas más estudiadas y representativas en cuanto a conocimiento de los componentes elementales del mundo físico. Es con el nacimiento y desarrollo de la teoría cuántica que se genera la ruptura del paradigma de la física moderna, puesto que entra en juego una nueva forma de hacer ciencia (López y Aboites, 2017).

La naciente forma de hacer ciencia trae consigo un replanteamiento de conceptos, una redefinición de nociones como objetividad, realidad e incluso existencia, lo cual implica modificar nuestra estructura de pensamiento, aceptar datos empíricos y reconocer nuevos resultados (López y Aboites, 2017).

Las nuevas teorías comparten entre sí una característica: dan nacimiento a una nueva representación del mundo físico, distanciada del sentido común y de las representaciones habituales del ser humano, marcando una clara diferencia entre la física moderna y la física contemporánea (López y Aboites, 2017).

La teoría cuántica se basa en la explicación de los fenómenos cuánticos extraños (contraintuitivos), y se constituye de tres elementos básicos: la indeterminación, la complementariedad y la superposición (primeros principios) (Maldonado, 2018).

Por su parte, la ciencia clásica se encarga de la observación, experimentación, medición y demás procedimientos formulados a nivel de representaciones sensoriales ordinarias; es por esto que las relaciones matemáticas utilizadas por Newton para

explicar los fenómenos naturales no representaron dificultades conceptuales, puesto que no existía impedimento lógico, teórico o metodológico para representar los objetos de los que hablaba la física (López y Aboites, 2017).

Contrario a lo anterior, la física cuántica comprende –pero no se reduce a– el estudio de los fenómenos microscópicos. Propiamente hablando, los fenómenos cuánticos no son tamaños ni volúmenes, son tiempos, tiempos muy rápidos y vertiginosos. Los tiempos microscópicos son partículas elementales de las que está hecha la materia, y no son visibles para la observación empírica; comprenden ocho niveles: mili, micro, nano, pico, femto, atto, zepto y yocto. Las pruebas experimentales de su existencia se caracterizan como datos (Maldonado, 2016).

Ahora bien, los tiempos microscópicos están en la base de los tiempos macroscópicos que no vemos, aunque existen comportamientos cuánticos macroscópicos, como por ejemplo el condensado de Bose-Einstein, la superconductividad, la superfluidez y todas las tecnologías de rayos láser (Maldonado, 2017a).

Con respecto a las ciencias de la salud, es de resaltar que estas se enriquecen de la teoría cuántica cuando se comprende que los fenómenos que ocurren en una escala de tiempo microscópico –como fenómenos fisiológicos, hambre, sueño, cognición, emoción y muchos otros– se expresan, al cabo, en tiempos macroscópicos.

Basado en que la observación es la acción que crea y modifica el objeto observado, Bohr desarrolla la interpretación estándar de la física cuántica, conocida como la interpretación de Copenhague. Esta fue fuertemente debatida por Einstein, generando una clara división que dio lugar a dos posiciones: de un lado Bohr, quien recibió el apoyo de Heisenberg y Dirac, mien-

tras que Einstein fue seguido por Born y Pauli, surgiendo así la discusión entre indeterminismo: Bohr, y determinismo: Einstein (Gilder, 2009). En otras palabras, se trata de establecer si la realidad es ilusoria (Bohr), o sustantiva (Einstein); esta es, sin dudas, la dificultad más grande que plantea la mecánica cuántica (Maldonado, 2016).

Esta dificultad se deriva de la interpretación de los datos, las evidencias y los resultados, y se hace visible a través de la indeterminación. Fue resuelta gracias al teorema de Bell: el descubrimiento del entrelazamiento cuántico, en el cual las entidades cuánticas existen por sí mismas en una relación entrecruzada; esto es, la individualidad de cada entidad se supera en favor de una interacción no local, por lo tanto el entrecruzamiento es la circunstancia que permite superar el aislamiento de entidades o sistemas individuales mediante interacciones instantáneas compartidas no locales (Maldonado, 2018).

Así las cosas, en teoría cuántica no hay objetos individuales situados en el tiempo y en el espacio, sino sistemas compuestos no locales, en los cuales no es posible identificar todas sus partes. Así, el objeto cuántico carece de la identidad del objeto clásico, y al ser un sistema entrelazado indefinidamente no posee la separabilidad clásica (López y Aboites, 2017). La teoría cuántica trata de flujos, dinámicas y procesos, antes que de estados y estabildades, en cualquier sentido (Maldonado, 2017a).

Las partículas se diluyen, se descomponen y se indeterminan bajo la mirada del observador, convirtiéndose el elemento estable en elemento aleatorio. Ya no tiene localización fija en el tiempo y en el espacio. Una mezcla subatómica de fotones, electrones, neutrones y protones desintegra todo lo que entendemos por orden, organización y evolución. Ciertamente el átomo sigue

siendo una entidad organizada, un sistema del cual da cuenta un sistema matemático coherente. El desorden permanece a nivel microscópico (López y Aboites, 2017).

En este sentido, se concluye que en la teoría cuántica el mundo macroscópico y el mundo microscópico no hacen referencia a volúmenes, tamaños ni masas, porque estos se relacionan con el tiempo, como dimensiones temporales; esto es, fenómenos a nivel microscópico en los cuales los tiempos son vertiginosos, contrastando con los fenómenos observados a nivel macroscópico, los cuales son lentos y parsimoniosos. Sin embargo, esta distinción entre macro y micro no implica división, todo lo contrario, lo macro se alimenta de lo micro (Maldonado, 2017a). Es así como la realidad no es lo que parece, el mundo se hace crecientemente complejo y contraintuitivo, no existe distinción entre sujeto y objeto, o entre sujeto y realidad (Maldonado, 2017a).

La teoría cuántica pone en evidencia que esclarecer todos los fenómenos que rodean al hombre es intrínsecamente complejo. Lo que conocemos en realidad es apenas una parte, “la punta del iceberg”, por así decirlo. De lo anterior surge la necesidad de interacción y aprendizaje mutuo entre los diferentes grupos de ciencias y disciplinas; es preciso superar el comportamiento clásico, como se mencionó al inicio, ampliar nuestra estructura de pensamiento, tener disposición para la aceptación de nuevos datos, y ante todo la capacidad de adoptar posiciones críticas y autocríticas.

En última instancia, el tema que emerge en el fondo de los debates sobre medición e interpretación es eminentemente metafísico (Maldonado, 2000). Por lo tanto, surgen cuestionamientos como: ¿la realidad es sustantiva o es ilusoria?, ¿son el universo y la realidad objetivos, o son el producto de las vivencias de los individuos? En nuestra opinión, nos acercamos a la postura se-

gún la cual la realidad es ilusoria, toda vez que experimentos han demostrado que los sentidos son una parte muy importante de nuestra percepción de la realidad (López, 2014) y no de la propia realidad. Dicho de otra forma: los sentidos son el filtro y el canal por el que la realidad que nos rodea llega a nuestra conciencia; para el caso de las emociones, la percepción que tengamos de esa realidad que nos llega generará determinada emoción, totalmente subjetiva y distinta en cada individuo.

Es así como en las últimas décadas neurocientíficos como Antonio Damasio han investigado el papel fundamental que juegan las emociones y los mecanismos inconscientes del cerebro en la toma de decisiones. Si en esos mecanismos inconscientes están involucradas las leyes de la física cuántica, por ejemplo enviando señales olfativas a nuestro cerebro, hemos de permanecer con una mente abierta a las futuras teorías que van a ir surgiendo, no solo en el tema de las emociones sino en otros campos (López, 2014).

2.6 Bibliografía

- Beuchot, M. (1985). El ars magna de Lulio y el ars combinatoria de Leibniz. *Diánoia*, 31(31), 12-16.
- Castro, L., Moreno, J., Silva, S. y Vaca, F. (2016). Reflexiones epistemológicas críticas sobre las ciencias: aportes a la educación. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, número extraordinario, 984-990.
- Cjuno, J. y Juan, A. (2003). La química teórica y la química cuántica computacional. *Boletín CSI2*, 48(2), 16-19.
- Galíndez, J. (2007). *La física cuántica en el pensamiento, la acción y el sistema neuronal*. Mérida: Universidad de los Andes y Editorial Venezolana.
- Gilder, L. (2009). *The Age of Entanglement*. Nueva York: Vintage Books.
- Gribbin, J. (2009). *Science: A History*. Reino Unido: Penguin.
- Guerrero, M. y Vega, V. (s. f). *El proyecto Manhattan*. Recuperado de <http://laplace.us.es/wiki/images/1/10/Trabajo26m.pdf>
- Inga, M. (2008). De la física clásica a la mecánica cuántica: de la administración tradicional al management moderno. *Apuntes de Ciencia y Sociedad*. Recuperado de <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/152>
- Kuhn, T. (2007). *La estructura de las revoluciones científicas*. 8ª. ed. Recuperado de <https://materiainvestigacion.files.wordpress.com/2016/05/kuhn1971.pdf>
- López, A. (2014). Física cuántica y Emociones. Projecte Final del Postgrau en Educació Emocional i Benestar. Barcelona: Universitat de Barcelona. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2445/64865>.

- López, J. y Aboites, V. (2017). La filosofía frente al objeto cuántico. *Revista Mexicana de Física*, 63, 107-122.
- Losee, J. (2006). *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*.
- Maldonado, C. (2000). ¿Qué es la filosofía de la ciencia? El caso de la física cuántica. *Momento*, 21, 27-43.
- Maldonado, C. (2009). Complejidad de los sistemas sociales: un reto para las ciencias. *Cinta de Moebio*, 36, 146-157.
- Maldonado, C. (noviembre, 2012). Pensar la complejidad con ayuda de las lógicas no clásicas. Recuperado de <http://www.cinfopec.com.mx/doc/cem-0015.pdf>
- Maldonado, C. (2016). Lógicas no clásicas: la lógica cuántica. *Revista de la Universidad Externado de Colombia, Facultad de Finanzas, Gobierno y Relaciones Internacionales*, v, 164-168.
- Maldonado, C. (18 de abril, 2017a). ¿Ciencias sociales cuánticas? *Le Monde Diplomatique*, 3-35.
- Maldonado, C. (2017b). Educación compleja: indisciplinar la sociedad. *Revista Educación y Humanismo*, 19(33), 234-252.
- Maldonado, C. (2018). Quantum physics and consciousness: a (strong) defense of panpsychism. *Quantum Physics and Consciousness*, 41, 101-118. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330510998_Quantum_Physics_and_Consciousness_A_Strong_Defense_of_Panpsychism
- Mussa, J., Morales, V. y Berbel, E. (2011). Cognición cuántica. El aprendizaje emocional y la creatividad desde la física cuántica. XII Congreso Internacional de Teoría de la Educación. Autonomía y Responsabilidad en Educación. *Contextos de Aprendizaje y Educación en el Siglo XXI*, 1-18.
- Pastor-Gómez, J. (julio, 2002). Mecánica cuántica y cerebro: una revisión crítica. *Revista de Neurología*, 35(01).

- Penrose, R. (2014). *La nueva mente del emperador*. Javier García Sanz (Trad.). Barcelona: De Bolsillo.
- Portillo, I. y Buitrago, R. (2015). Liderazgo cuántico como estrategia gerencial innovadora en organizaciones del sector privado en Hispanoamérica. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables*, 7(2), 63-80.
- Rivas, P. (1997). Kühn el gran revolucionario. Las revoluciones científicas de Kühn y la teoría moderna de la evolución. Una analogía más allá de la casualidad. *Cinta de Moebio*, 2, 129-134.
- Strathern, P. (2010). *Bohr & Quantum Theory*. Barcelona: Random House.
- Torre, A. (2011). *Física cuántica para filósofos*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Uribe, L. (marzo, 2008). Del mecanicismo a la complejidad en la biología. *Revista de Biología Tropical*, 56, 399-407.

3

Rosalía Olaya Zúñiga
Adriana Lucía Acevedo Supelano
Patricia Arias Muñoz

Hacia el universo cuántico de la salud

*La humanidad es como un niño que crece y descubre
con estupor que el mundo no se reduce al cuarto en donde
duerme y al espacio donde juega, sino que es vasto y está
lleno de cosas e ideas que desconocía y puede conocer.*

Carlo Rovelli

3.1 Introducción

De forma general, el siguiente capítulo explora aspectos del universo cuántico que pueden conducirnos al estudio de la salud. Surge así, quizás, la mejor excusa para revisar la importancia del papel de la ciencia en los procesos de la vida misma. Como se aprecia sin dificultad, la ciencia ha permitido una relación con cambios relevantes, y por ende con revoluciones científicas. Por esta razón, a continuación se exponen los conceptos más relevantes de la teoría cuántica, como por ejemplo la estructura granular del espacio, la desaparición del tiempo a escala pequeñísima y las ideas tentativas acerca de la física del Big Bang. Estos alcances revelan una estructura elemental del mundo en la que no existen el tiempo ni el espacio, y que consiste en un pulular de fenómenos cuánticos (Rovelli, 2015).

La ciencia nos permite entender asuntos de la naturaleza, recordando que nada se aprende si se piensa constantemente en que ya se sabe lo esencial y que no existe nada por conocer. En efecto, la ciencia no es fiable por las respuestas que permite saber; es fiable porque aporta las mejores respuestas en el momento específico. “Desde que se sabe que la Tierra es redonda y da vueltas, sugiere pensar que la realidad no es lo que parece” (Rovelli, 2015, p. 113). Las teorías de la física están relacionadas con la forma de hacer ciencia en el mundo, por lo cual la física cuántica ha sido el hilo conductor o el mejor ejemplo para analizar lo que es la ciencia, desde el interrogante: “¿Qué es y cómo fue y es posible una teoría tan revolucionaria e importante como la mecánica cuántica?” (Maldonado, 2000, p. 33).

Indiscutiblemente, las dos teorías que aportaron las mejores respuestas para la comprensión del mundo en un momento

científico específico son: las del espacio y tiempo, en el caso de la relatividad, y las de materia y energía, en el caso de la mecánica cuántica, postulados que exigen una postura en cuestión de las ideas convencionales acerca del mundo.

Las aplicaciones de la teoría se relacionan con el éxito experimental sin precedentes, dando como resultado aplicaciones que han cambiado la vida cotidiana, tales como el ordenador y todos los avances tecnológicos que hoy forman parte de nuestra vida; sin embargo, pasado un siglo de su nacimiento, sigue envuelta en un velo de oscuridad y confusión siendo la base para comprender el universo, el mundo o la realidad.

Por consiguiente, ¿será la teoría cuántica aplicable a la salud pública? Una aproximación para la respuesta es partir de realizar un cambio en las estructuras mentales vigentes, y esto implica comprender que el mundo se mueve vertiginosamente, es decir, en tiempos microscópicos. Dar el paso a esta comprensión permitirá entender fenómenos hasta ahora inexplicables, dentro de los cuales muy posiblemente estarán las dinámicas de los procesos fisiológicos, metabólicos y termodinámicos que mantienen la vida y la salud.

Es así como se expone lo necesario para comprender la visión del mundo, a través de tres temas principales que hoy se convierten en objeto de investigación; estos son: la naturaleza en la teoría cuántica, el espacio-tiempo cuántico y la gravedad cuántica: teoría de cuerdas.

3.2 La naturaleza en la teoría cuántica

3.2.1 *Ápeiron* de la física cuántica

En el año 450 a. C., Anaximandro, Leucipo, Demócrito y Hecateo de Abdera descubren en la naturaleza misma de las cosas otro modo de buscar las respuestas de cómo está formado el universo; comprenden que mediante la observación, la razón, y sobre todo el pensamiento crítico, se encuentran nuevas formas y una orientación diferente a lo desconocido; de igual manera, evitan buscar en la realidad descrita las explicaciones desde la fantasía, los mitos antiguos y la religión, concluyendo que el inicio es indefinido, infinito e indeterminado (Rovelli, 2015). Fue entonces en la ciudad de Mileto (una polis griega), un escenario de escuelas científicas y filosóficas, donde por primera vez los hombres cuestionaron la realidad discutiendo su destino, estableciendo leyes colectivamente y conformando el primer parlamento de la historia donde se pone en duda la idea de que solo los dioses pueden explicar los hechos incomprensibles del mundo. Mileto fue destruida en el 494 a. C. con la llegada del Imperio persa, y muchos de sus habitantes fueron reducidos a la esclavitud. Después de un tiempo renació, se repobló y volvió a ser un foco de ideas (Rovelli, 2015).

La ciencia es una exploración continua de formas de pensamiento; su fuerza es la capacidad visionaria de superar ideas preconcebidas, desvelar nuevos territorios de lo real y construir imágenes del mundo más precisas. Desde sus inicios la física se ha desarrollado a partir de la intuición; abriendo una ventana para ver más lejos (Rovelli, 2015), estudia las propiedades de

la materia y la energía, estableciendo leyes que explican fenómenos naturales de alguna manera. Cuanto más se indaga sobre los detalles diminutos en la materia, más estructuras se observan: granos cuánticos que vibran, electrones, protones, quarks, agujeros negros, partículas de luz, ondas espaciales y extraordinarias arquitecturas moleculares que intercambian información entre sí (Rovelli, 2015). El ser humano está en constante indagación y cada vez se encuentra con más conocimiento que le permite entender a la naturaleza.

Más recientemente, la teoría de la relatividad de Einstein y la mecánica cuántica han revelado al mundo el comportamiento de las fuerzas de la naturaleza (Rovelli, 2015). Tenemos con nosotros una invitación a ver más allá de lo evidente.

3.2.2 Centrarse en la realidad

Lo único que existe en realidad son los átomos, que son indivisibles, elementales, se mueven libremente por el espacio, chocan, se acercan, se alejan, tiran uno del otro, se atraen, agrupan y todo está constituido por ellos. La combinación de átomos produce la infinita variedad de todas las sustancias que forman el mundo. Esta es la estructura del mundo, esta es la realidad; todo lo demás no es sino producto derivado, casual, accidental de este movimiento y de esta combinación de átomos junto con el vacío. La naturaleza y nosotros somos el resultado de esta danza infinita (Rovelli, 2015).

Con Demócrito se estableció un sistema amplio de la física, la filosofía, la ética, la política y la cosmología, a partir de la observación de la naturaleza. Por otro lado, Platón y Aristóteles

conocieron a Demócrito y debatieron ideas alternativas; luego, durante siglos, la tradición obstaculizó el progreso de este conocimiento, se introdujo la interpretación de la realidad en términos finalistas, pensando que todo lo que ocurre tiene una finalidad (Rovelli, 2015); sin dudas, una premisa poco útil para entender la naturaleza. Para esa misma época, Zenón de Elea consideró que el tiempo es infinito, el universo es granular no continuo, con puntos infinitamente pequeños, definiendo que la materia tiene una estructura atómica. Esta hipótesis atómica incipiente no llegó a tomar fuerza sino hasta 1905 con Albert Einstein, quien demuestra que los átomos existen y calcula su dimensión; con esto se cierra para siempre la cuestión que Leucipo y Demócrito habían dejado abierta (Rovelli, 2015).

Se debe tener en cuenta que la física del siglo xx se basa en dos grandes teorías: la relatividad general (espacio y tiempo) y la mecánica cuántica (materia y energía). La luz está influida por la interacción gravitatoria, los agujeros negros están formados por estrellas grandes apagadas, con poco hidrógeno, que contienen presiones de calor tan grandes, que queda aplastada bajo su propio peso y el espacio se curva tanto que la estrella se hunde. Antes estos fenómenos eran considerados poco creíbles, propios de una teoría esotérica; actualmente se observan cientos de ellos en el espacio y los astrónomos los estudian con detalle. En el centro de nuestra galaxia hay uno de estos agujeros negros con una masa aproximadamente un millón de veces mayor que la de nuestro sol; también se observan estrellas que orbitan a su alrededor, y cómo su gravedad va desmenuzando a las que pasan cerca (Rovelli, 2015).

Por su parte, las ondas gravitatorias son ondas electromagnéticas que producen un efecto, se observan en las estrellas bina-

rias que, al irradiarlas, pierden energía y por tanto se acercan unas a otras. El espacio del universo es dinámico y está en expansión. Pensar en el universo permite abrir la mente a nuevas formas de entender la realidad.

Hace alrededor de 14 millones de años, verosíblemente el universo debía estar concentrado casi en un único punto muy caliente, y empezó a dilatarse a consecuencia de una enorme explosión cósmica: el llamado Big Bang.

En la física cuántica se habla de “cuantos”, que son campos eléctricos repartidos en bloques o ladrillos de energía; el tamaño dependerá de la frecuencia (color) de las ondas electromagnéticas. Planck genera una constante que mide cuánta energía hay en cada bloque de energía para la luz de frecuencia (color). La idea de que la energía está compuesta de bloques contrastaba con todo lo que se sabía en la época: se consideraba que la energía podía variar de manera continua y no había razón para tratarla como si estuviera hecha de granos.

En 1905 nacen las primeras simientes de lo que habrá de ser la mecánica cuántica, cuando Einstein muestra que la luz está efectivamente compuesta por gránulos o partículas de luz que generan una débil corriente eléctrica emitiendo electrones y fotones definidos como “cuantos de luz”. De ahí se desprenden las bases de la mecánica cuántica: la granularidad, el indeterminismo y la racionalidad (Rovelli, 2015).

Trabajando en un esfuerzo de sistematización y formalización de los comportamientos cuánticos, Heisenberg confecciona tablas de números que representan posibles interacciones del electrón; estas son las primeras ecuaciones fundamentales de la mecánica cuántica, que desde entonces no han hecho sino funcionar, funcionar y funcionar (Rovelli, 2015). Como resultado, sor-

presivamente el mundo no está hecho de cosas sino de estructuras matemáticas abstractas, que nos dicen lo que no aparece y cómo se comporta cuando aparece. La probabilidad es el centro de la evolución de las cosas. Este indeterminismo es el descubrimiento de que el azar actúa a nivel atómico y juega un papel fundamental.

La mecánica cuántica permite hacer cálculos de la probabilidad de que algo ocurra. Esta ausencia de determinismo a escala muy pequeña es inherente a la naturaleza, y no depende de lo que el observador establezca o desee. Un electrón no está determinado a moverse a la derecha o a la izquierda, lo hace al azar. El aparente determinismo del mundo macroscópico se debe únicamente al hecho de que este carácter causal aleatorio del mundo microscópico consiste en fluctuaciones demasiado pequeñas para que se noten en la vida cotidiana (Rovelli, 2015).

A través de la imaginación se puede ver el mundo cuántico. Aprendemos en consecuencia a pensar el mundo en procesos y acontecimientos que son el paso de una interacción a otra que no puede ser prevista por medio de la probabilidad clásica. Los cuantos están conformados por puntos “nodos o vértices” y las líneas que los unen son llamados “enlaces”. Un conjunto de nodos unidos por enlaces se llama “grafo”, y representa los estados cuánticos del espacio; a su vez está representado por una red de “espín” (números semienteros), que giran y giran. La gravedad cuántica de cuerdas permitiría tanto establecer un tiempo cuántico como compaginar la relatividad general y la mecánica cuántica. Es así como el espacio no es algo continuo ni infinitamente divisible, sino que está formado por átomos de espacio, describe matemáticamente los átomos elementales de espacio y las ecuaciones determinan su evolución aplicadas al campo gravitatorio (Rovelli, 2015). En esta comprensión, el tiempo como el espa-

cio surgen del campo gravitatorio cuántico con propiedades de indeterminación probabilística, granularidad y relación que son comunes a la realidad.

Las dos teorías consideradas como las mejores respuestas a la comprensión del mundo en un momento científico determinado son: la relatividad, que se fundamenta en el espacio y el tiempo; y la mecánica cuántica, que se fundamenta en la materia y la energía, exigiendo indiscutiblemente un cuestionamiento sobre las ideas convencionales del mundo.

En la teoría cuántica, la naturaleza se basa en tres ideas centrales: granularidad, relacionalidad e indeterminismo, ideas consideradas como las bases para construir el edificio de la teoría cuántica. La granularidad es la primera consecuencia enorme de la mecánica cuántica; se relaciona con el límite en la información existente en un sistema, es decir, el número de estados en que el sistema puede hallarse. La constante de Planck (h) establece su escala elemental, y haciendo uso de esta constante, Niels Bohr estudia la estructura de los átomos y supone que los electrones solo pueden vivir a cierta distancia del núcleo, esto es, solo en determinadas órbitas, cuya escala se expresa en la constante de Planck h , y puede saltar de una a otra de las órbitas atómicas que tenga la energía permitida. Estos son los famosos “saltos cuánticos”, hipótesis que define el “modelo de átomo de Bohr”. Con estos dos supuestos Bohr calcula el espectro de todos los átomos e incluso llega a prever espectros no observados.

Sin embargo, el principal problema eminentemente filosófico que plantea la teoría cuántica es el de la medición, y con él, el de la interpretación, que generaron el motivo central del debate en el Instituto de Bohr, en Copenhague. “El tema que emerge en el fondo de los debates en términos elementales es: ¿son el universo

y la realidad objetivos, o son el producto de las vivencias de los individuos?” (Maldonado, 2000, p. 37).

El segundo aspecto que concierne a la naturaleza en la teoría cuántica corresponde a la relacionalidad de las cosas, es decir que los electrones existen solo cuando interactúan, y se materializan en un lugar cuando chocan con algo. Los saltos cuánticos entre las órbitas son su modo de ser reales: un electrón es un conjunto de saltos en interacciones a través de un movimiento al azar. En consonancia con esto, Paul Dirac universaliza el “aspecto relacional” de la teoría: cuando aparece una interacción con otro cuerpo las variables físicas (velocidad, energía, momento angular, etcétera) no toman cualquier valor. Dirac, además, proporciona la fórmula general para calcular el conjunto de valores que puede tomar una variable física. No se sabe con certeza dónde aparecerá el electrón, pero se puede calcular la probabilidad de que aparezca en cualquier lugar (Rovelli, 2015).

La mecánica cuántica establece la probabilidad en el centro de la evolución de las cosas. Este indeterminismo, el tercer aspecto de la mecánica cuántica, es el descubrimiento de que el azar actúa a nivel atómico, permitiendo calcular la probabilidad de que algo ocurra. La ausencia de determinismo a escala muy pequeña es inherente a la naturaleza. El aparente determinismo del mundo macroscópico se debe solo al hecho de que es de carácter causal, aleatorio del mundo microscópico; consiste en fluctuaciones demasiado pequeñas como para que se noten en la vida cotidiana. El indeterminismo consiste entonces en la capacidad de no hacer predicciones unívocas sino probabilísticas. Debido a este principio, el mundo que la mecánica cuántica describe es un mundo donde las cosas están sujetas a un constante movimiento casual.

En relación con estos tres aspectos de la naturaleza en la teoría cuántica, se pretende explicar cómo ocurren las cosas y cómo influyen unas en otras. Los hechos de la naturaleza solo se producen en las relaciones. No hay realidad sin relación entre sistemas físicos (Rovelli, 2015). Por consiguiente, la mecánica cuántica no describe objetos, sino que describe procesos y acontecimientos que interactúan entre procesos. No se piensa el mundo de las cosas que están en uno u otro estado, se piensa en procesos, es decir, en el movimiento de una interacción a otra. Las propiedades de las cosas se manifiestan de manera “granular” y solo en el momento de la interacción, es decir en los extremos del proceso, únicamente en relación con otras cosas, no pueden ser previstas de manera unívoca, sino de manera solo probabilística. Según lo anterior, la salud corresponde a un proceso en interacción y por consiguiente es un fenómeno complejo e indeterminado.

Las ecuaciones, aunque se usan, siguen siendo misteriosas: no dicen lo que le ocurre a un sistema físico, sino solo cómo un sistema físico influye en el otro. Este postulado permite pensar que no es posible describir la realidad esencial de un sistema que no interactúa; significa tal vez que la realidad no es otra cosa que interacción y que si la teoría es oscura no es debido a la mecánica cuántica, sino a la limitada capacidad de imaginación (Rovelli, 2015).

3.3 Espacio-tiempo cuántico

Considerando el segundo punto para comprender la visión del mundo, nos detenemos en el espacio-tiempo cuántico, teniendo en cuenta que Paul Dirac busca aplicar la mecánica cuántica en el campo electromagnético para hacerla coherente con la relatividad especial; por tanto, esta forma general de la teoría cuántica compatible con la relatividad especial es lo que se llama “teoría cuántica de campos”, considerada el fundamento de la física de partículas, los “cuantos” del campo electromagnético y todos los campos van a mostrar una estructura granular en sus interacciones. La mecánica cuántica, con sus campos/partículas, ofrece hoy una descripción maravillosamente válida de la naturaleza. El mundo no está hecho de campos y partículas sino de un mismo tipo de objeto, el campo cuántico. Por consiguiente, 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, 2015).

En este momento es cuando aparece el tema central de este capítulo, relacionado con los dos postulados teóricos más importantes de la historia de la física cuántica, y que permite ser considerado como un desafío común tanto para los científicos que se dedican a la teoría cuántica, como para los filósofos de la ciencia, como por ejemplo aquellos que trabajan filosofía de la física. “La cuestión central consiste en lograr establecer una unificación entre los dos grandes modelos teóricos sobre la realidad física: la teoría de la relatividad, y con ella, por tanto, la mecánica clásica, y la mecánica cuántica” (Maldonado, 2000, p.37).

Actualmente nuestra realidad del mundo gira en torno a dos imágenes que se contradicen, o que por lo menos son inconmen-

surables. Se describe el campo gravitatorio sin tener en cuenta la mecánica cuántica y se formula la mecánica cuántica sin tener en cuenta que el espacio-tiempo se curva y se halla sujeto a las ecuaciones de Einstein. Aunque las dos tienen razón, quedaría algo por fuera.

Aún se desconoce cómo son el espacio y el tiempo a escala muy pequeña. Este es uno de los puntos en los que las dos teorías se vuelven confusas: la mecánica cuántica no habla de la curvatura del espacio-tiempo ni la relatividad general considera los cuantos. Este es el origen del problema de la gravedad cuántica: entender el espacio y el tiempo cuánticos. Es pertinente resaltar que, en estas ocasiones, el esfuerzo de síntesis ha supuesto muchas veces un gran paso adelante en la comprensión del mundo, en este caso que sea compatible con lo que se ha descubierto gracias a las dos teorías (Rovelli, 2015).

John A. Wheeler avanzó en su investigación con el propósito de encontrar la teoría de la gravedad cuántica. Acuñó el término “agujeros negros” para designar las regiones del espacio de las que nada puede salir. Se aproximó al espacio-tiempo de una manera más intuitiva que matemática. El trabajo de Wheeler acerca de los agujeros negros trajo la mecánica cuántica para rescatar a la segunda ley de la termodinámica por transferencia de calor y la reducción de la entropía del universo (Davidson, 2010).

Wheeler sentó las bases para la gravedad cuántica, con un elemento confuso: la ecuación no contiene la variable tiempo, tema de estudios y debates. Los interrogantes “¿cómo usar la ecuación para calcular la evolución de algo en el tiempo?” y “¿qué significa una teoría física que no contemple la variable tiempo?” motivaron el trabajo de la comunidad científica con miras a la construcción de otras teorías; el resultado de este trabajo

plantea “la teoría de cuerdas” o “gravedad cuántica de cuerdas” (Rovelli, 2015, p. 192).

3.4 Gravedad cuántica. Teoría de cuerdas

Por último, entramos al tópico correspondiente a entender la gravedad cuántica: teoría de cuerdas, fijando como punto de partida para este postulado la enseñanza de la relatividad general: el espacio no es un recipiente rígido e inerte sino algo dinámico como el campo electromagnético. La segunda enseñanza es la de la mecánica cuántica: todo campo de este tipo está hecho de cuantos, con una estructura granular. Por tanto, el espacio físico, como campo que es, está hecho de cuantos.

La gravedad cuántica de cuerdas o teoría de cuerdas se limita a reformular las dos teorías con el fin de encontrar compatibilidad. Por lo tanto, es considerado como uno de los enfoques objeto de estudio en este momento, para aplicar las reglas de la mecánica cuántica al campo gravitatorio descrito por la teoría de la relatividad general de Einstein (Pullin, 2015). Pero sus consecuencias son radicales en la manera de entender el mundo, y por ende la realidad. Recordemos que la capacidad de una teoría para explicar lo que conocemos solo por la experiencia no es su más valioso atributo, sino el hecho de que explique la estructura de la realidad (Deutsch, 1999).

Entendiendo este último aspecto, la predicción fundamental de la teoría de cuerdas consiste en que el espacio no es algo continuo ni infinitamente divisible, sino que está formado por

“átomos de espacio”, pequeñísimos: un billón de millones de veces más pequeños que el más pequeño de los núcleos atómicos. Por medio de esta teoría, la idea de la estructura atómica y granular del espacio halla una formulación y unas matemáticas precisas con las que puede describirse su estructura cuántica y calcularse sus dimensiones exactas (Rovelli, 2015).

La teoría parte de soluciones que dependen de líneas o cuerdas (en ocasiones expresados o traducidos también como “lazos”) que se cierran sobre sí mismas. Cada una de esas líneas determina una solución y constituye uno de los hilos de la maraña. Los científicos Jorge Pullin y Jurek Lewandowski empiezan por descifrar que la clave para entender la física de estas soluciones está en los puntos en que estas líneas se tocan, llamados nodos o “vértices”, y las líneas que unen los nodos se denominan “enlaces”. Un conjunto de líneas que se tocan forma parte de lo que se llama un “grafo”, que representa un conjunto de nodos unidos por enlaces. Un cálculo muestra que el espacio físico no tiene volumen, a menos que haya nodos.

El volumen del espacio reside en los nodos del grafo y no en sus líneas. Las líneas enlazan los distintos volúmenes. El resultado técnico que aclara el significado físico de estos grafos es el cálculo de los espectros de volumen y área (Rovelli, 2015). Vinculado a esto, los grafos que representan los estados cuánticos del espacio se caracterizan por un volumen v por cada nodo y un número semientero j por cada línea. Un grafo con estos números asociados se llama “red de espín”, y representa un estado cuántico del campo gravitatorio; es decir, un posible estado cuántico del espacio, un espacio granular en el que volumen y área son discretos. La estructura del espacio está construida por dos granos de espacio que se tocan, y la información se expresa en los enlaces

del grafo. “El espacio no es una red de espín determinada sino una nube de probabilidades que abarca todas las posibles redes de espín” (Rovelli, 2015, p. 201).

Una de las aplicaciones más importantes de la teoría de los lazos consistió en entender el origen del extraño calor de los agujeros negros previsto por Stephen Hawking. Ese calor es producido por las “vibraciones” microscópicas de los lazos de los átomos de espacio, que vibran porque en el mundo de la mecánica cuántica todo vibra. El calor de los agujeros negros se puede relacionar directamente con las fluctuaciones de los átomos de espacio de la gravedad cuántica, lo cual significa que se puede asociar una cantidad de “información que falta”, es decir de entropía a un agujero negro. Por consiguiente, la información reaparece en el ámbito de la gravedad cuántica.

El interrogante de los físicos está relacionado con el desconocimiento de la información presente en el agujero negro, y a dónde viaja cuando este se evapora. Por consiguiente, la información que se abstrae de una región queda limitada por el área de su borde, y entonces es como si todo ocupara ese borde. La cuestión es que en gravedad cuántica se describen procesos y cada uno es una región de espacio-tiempo. Por lo tanto, se calculan las probabilidades de lo que sucede en el borde sin describir jamás exactamente lo que ocurre en el interior. “Parece que la realidad quiere ser descrita en términos de bordes entre regiones y sistemas y se niega a que se describa completamente lo que ocurre dentro” (Rovelli, 2015, p. 223).

Partiendo de los supuestos anteriores, para el físico Rovelli (2015) la predicción fundamental de la teoría de cuerdas consiste en que el espacio no es algo continuo ni infinitamente divisible, sino que está formado por “átomos de espacio” pequeñísimos: un

billón de millones de veces más pequeños que el más pequeño de los núcleos atómicos.

Es importante resaltar las dos características fundamentales de la gravedad cuántica: según la primera la estructura discreta del espacio está formada por cuantos de espacio, y la segunda se refiere a la relación con el tiempo. La más inquietante consecuencia conceptual de la teoría de la gravedad cuántica es el cambio de la connotación del tiempo. La realidad del mundo que la teoría describe dista mucho de lo que conocemos, y una de las razones es que no existe el espacio que “contiene” el mundo, ni existe el tiempo “a lo largo del cual” las cosas ocurren. En ese orden de ideas, el transcurso del tiempo nace en el mundo mismo, es decir, de las relaciones entre acontecimientos cuánticos que son el mundo (Rovelli, 2015).

Se considera que el tiempo no es un componente fundamental del mundo, pero sigue siendo ubicuo, porque el mundo es inmenso y nosotros somos pequeños sistemas del mundo que solo interactúan con variables macroscópicas. Pensamos nuestra realidad en función del tiempo, lo que desconocemos es que resulta ser una consecuencia de olvidar los microestados físicos de las cosas: “El tiempo es la información que no tenemos, el tiempo es nuestra ignorancia” (Rovelli, 2015, p. 242).

3.5 Aproximación: salud y teoría cuántica

El mundo no está hecho de fenómenos universales y comunes, sino que está constituido por acontecimientos extraordinarios,

excepcionales, únicos, y tal como sucede con las personas y las experiencias, son singulares e irrepetibles, y justamente la complejidad del mundo consiste en toda esta excepcionalidad extraordinaria e irreversible de las experiencias y los acontecimientos (Maldonado, 2016b).

El mundo ha estado lleno de “eventos raros” que para algunos han sido posibles de observar, gracias a las consecuencias de la ciencia, fenómenos que han sido considerados como casualidades, milagros o azares de la fortuna. Sin embargo, solo recientemente han ido adquiriendo una categorización propia desde el desarrollo de la computación y modelación de eventos raros o *rare events modeling* (REM) (Maldonado, 2016b).

En este punto es necesario enunciar los cuatro rasgos epistemológicos que manifiestan la complejidad de los eventos raros (Maldonado, 2016b). Estos son:

1. Ver lo no visto: en términos de la filosofía fenomenológica, el conflicto estriba en si vemos lo que conocemos o si conocemos lo que vemos.
2. Pensar lo impensado: nadie piensa bien si no piensa en todas las posibilidades. Pensar en todas las posibilidades implica necesariamente considerar todo, incluso lo imposible.
3. Ver lo que (aún) no existe: la complejidad de los eventos raros es directamente proporcional a la capacidad de la imaginación.
4. Lo posible, e incluso lo imposible mismo: las ciencias de la complejidad son ciencias de posibilidades, los eventos raros no son necesariamente reales: mejor aún, son siempre esencialmente posibles.

Al tomar como cartografía estos rasgos epistemológicos de la complejidad, nos dirigimos hacia el problema de la ciencia cuántica: “¿La realidad posee un estatuto propio independiente de la conciencia, o bien, la realidad es creada por el observador en el momento de la observación?” (Maldonado, 2017a). Conduce también a la obra de Rovelli (2015), *La realidad no es lo que parece*, ya que la realidad es probabilística, no hay realidad, no hay verdad. En el campo de la medicina y la salud, el diagnóstico del médico es esencialmente probabilístico. La probabilidad, entonces, se convierte en una piedra clave “tan real como ininteligible” (González, 2005).

Pero ¿por qué este diagnóstico médico es esencialmente probabilístico? Para el médico el paciente desaparece, ya no está frente a un objeto ni a un cuerpo, lo que tiene es un espacio, ya lo que se tiene ahí desde la física es un espacio, el cuerpo no es un espacio, ya que según Rovelli ya no se ven objetos sino relaciones. Las ciencias de la salud clásicas dicen que hay un objeto que simplemente es denominado “paciente”, lo cual en este punto podremos considerar como un pensamiento precuántico; cuando lo que hay realmente es un espacio compuesto de muchos otros espacios, es decir sistemas de sistemas (Rovelli, 2015).

Si es así, a partir de lo que precede, la salud tiene entonces una relación directa con la física cuántica. Para entender esta idea es importante remontarse a Galileo, para quien el lenguaje de la naturaleza era la matemática, y conocer la evolución de esta premisa, pues a pesar de su concepción, en la actualidad se puede afirmar que el lenguaje de las ciencias, es decir, el medio de comunicación entre estas, y por el que explican y comprenden el mundo, es la estadística. Entonces podemos suponer que la comprensión del mundo es en términos de probabilidades y para

tener una comprensión y una explicación de los eventos raros es necesaria una nueva estructura mental (Maldonado, 2016b). Debe ser posible pensar como Einstein, como los físicos cuánticos, en términos de la teoría cuántica, más específicamente del segundo periodo de la física cuántica, como el caso de D. Bohm, R. Feynman, E. Fermi y Bell, entre otros (Maldonado, 2017a).

Se trata de una estructura mental que permita ver otras cosas, fenómenos o comportamientos, o, en fin, realidades. La clave, parece ser, es pensar en que no hay objeto, no tenemos objeto al que llamamos “paciente”, tenemos más bien un espacio. El objeto desaparece: no existe un paciente. Debe ser posible ver relaciones y he aquí la importancia de tener nuevas estructuras mentales. Quizás es aquí en donde los fenómenos cuánticos dejan de ser microscópicos. Existen comportamientos y sistemas cuánticos macroscópicos y se interesan crecientemente por la ciencia cuántica, lo cuántico alude a tiempos vertiginosos (Maldonado, 2017a).

Los tiempos macroscópicos y los tiempos microscópicos se pueden condensar en la tabla 1.

Tabla 1. Escalas de tiempo macroscópico y microscópico

Escala tiempo macroscópico	Escala tiempo microscópico
Segundo = 1/60 minuto	Mili = 10^{-3}
Minuto = 1/60 hora	Micro = 10^{-6}
Hora = 60 minutos	Nano = 10^{-9}
Día = 24 horas	Pico = 10^{-12}
Mes = 30-31 días	Femto = 10^{-15}
Año = 365 días	Atto = 10^{-18}
Millón de años = 10^6 años	Zepto = 10^{-21}
Billón de años = 10^{12} años	Yocto = 10^{-24}

Fuente: Maldonado, 2017b.

Con esta descripción de los tiempos aparecen nuevos conceptos que son acuñados cada vez más por la ciencia y la epistemología. En la tabla 1 se especifican, entre otras, las unidades métricas correspondientes al mundo microscópico, donde la escala más pequeña alcanzada es la yoctométrica, la cual corresponde a una vigesimocuarta parte del metro (Maldonado, 2016a).

En este punto es importante traer eventos interesantes, como el caso de Richard Feynman, quien en la conferencia “There is plenty of room at the bottom” habló de la posibilidad de manipular y controlar objetos de dimensiones muy pequeñas, con lo que nació conceptualmente la nanotecnología (Herrasti, 2014). También es el caso de Ahmed Zewail, Nobel de Química 1999, por el desarrollo de una metodología espectroscópica usando láseres que le permitieron observar la reacción de las moléculas

ante una reacción química o biológica en tiempo real, y por eso es considerado el padre de la femtoquímica (González, 2016).

Estos son procesos que se desarrollan en escalas de 10^{-15} pero en física el límite inferior es la distancia o escala de Planck, que es de 10^{-43} segundos, que es el punto o momento en el que nació este universo. Por eso aún existe una brecha grande entre la escala yoctométrica y la escala de Planck (Maldonado, 2016a).

Este universo de medidas nos lleva a los acontecimientos extremos y es lo que Nassim Nicholas Taleb ha llamado “cisnes negros”, basado en el concepto de Karl Popper. “La hipótesis (‘todos los cisnes son blancos’) que resista un cisne negro, merece el adjetivo de ‘científica’” (Arroyave, 2009). Esta analogía es aplicable a que la ciencia y la filosofía tradicional se han basado en buscar cisnes blancos. Buscar cisnes de otro color, buscar el cisne negro es a la luz de la ciencia normal algo irracional (Maldonado, 2016a).

Retomando los rasgos epistemológicos que manifiestan la complejidad de los eventos raros, se debe pensar en todas las posibilidades, y una de estas posibilidades independientemente del sujeto es que esta sea imposible; por tanto, el mundo de lo posible incluye además a lo imposible mismo. La buena ciencia no se ocupa solo de lo que existe, con “lo real” o con “lo que hay”, sino de lo que aborda además las posibilidades.

A diferencia de lo que comúnmente se puede pensar, la apoptosis, o muerte celular programada, sucede en función de la salud del organismo, prima una función organísmica de la salud. Esta muerte celular enseña que no existe la enfermedad. Por tanto, la salud es un sistema magnífico de cooperación entre células, entre tejidos, entre órganos, entre sistemas. Cabe aquí el símil de que en términos musicales la salud es un magnífico sistema de armonía.

La música se trata de ritmo, melodía y armonía, y logra dominar el cuerpo y controlar el alma. Cuanta mayor melodía o armonía, menos manipulación del cuerpo humano. Cuanto más compleja es la música, mayor es la complejidad de la existencia humana y las posibilidades de democracia (Maldonado, 2016a). En este orden de ideas, la salud es un sistema de armonía.

Para finalizar, la teoría cuántica ofrece la idea de “indeterminación” que no depende de los sujetos, de estructuras epistemológicas ni de estructuras psicológicas u objetivas. Retomando el concepto de Anaximandro, el *ápeiron*, aquello a lo que no se le pueden poner límites lógicos, es decir, lo que no se puede definir, lo esencialmente indeterminado.

Siendo así, la indeterminación es propia de la naturaleza. La enfermedad se puede determinar, la salud no se puede determinar, por tanto, pensar en el concepto de salud, en términos de complejidad, significa indeterminar los fenómenos. La enfermedad no es una probabilidad, es un hecho, es un dato. Por tanto, la salud es un umbral de indeterminación, porque, al igual que el electrón, mientras no sea perturbado no existe, y es alterado cuando esté en relaciones. La enfermedad es un principio de perturbación de la salud, mientras la salud no está perturbada, no existe.

3.6 Bibliografía

- Arroyave, Á. (2009). Reseña de *El cisne negro: El impacto de lo altamente improbable*, de N. N. Taleb. *Revista de Psicología de la Universidad de Antioquia*, 1(2), 97-105.
- Davidson, A. (2010). A review of *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology and Complexity*, by John D. Barrow, Paul CW Davis and Charles L. Harper Jr., *Complicity: An International Journal of Complexity and Education*, 7(2), 136-140.
- Deutsch, D. (1999). *La estructura de la realidad*. D. Sempau (Trad.). Barcelona: Anagrama.
- González, F. (2005). Probabilidad y causalidad en la filosofía de Max Born. *Logos. Anales del Seminario de Metafísica*, 241-269.
- González, R. (2016, 21 de agosto). Ahmed Zewail, mucho más que un Nobel de Química. *El País*. Recuperado de https://elpais.com/cultura/2016/08/20/actualidad/1471645511_426934.html
- Herrasti, S. (septiembre, 2014). Superficies nanoestructuradas para el desarrollo de biosensores electroquímicos e integración en un sistema de detección portable. (Tesis doctoral). Barcelona: Univesidad Autónoma de Barcelona.
- Maldonado, C. (2000). ¿Qué es la filosofía de la ciencia? El caso de la física cuántica. *Momento. Revista de Física*, 21, 27-43.
- Maldonado, C. (2016a). *Complejidad de las ciencias sociales. Y de otras ciencias y disciplinas*. Bogotá: Ediciones Desde Abajo.
- Maldonado, C. (2016b). El evento raro. Epistemología y complejidad. *Cinta de Moebio*, 56, 187-196.

- Maldonado, C. (18 de abril, 2017a). ¿Ciencias sociales cuánticas? *Le Monde Diplomatique*, 3-35.
- Maldonado, C. (2017b). Matching the unmatchable. Complexity Theory and Quantum Theory. *NeuroQuantology*, 125-129.
- Pullin, J. (2015). Gravedad cuántica de lazos. *Revista Española de Física*, 29(4), 40-44. Recuperado de es/index.php/ref/article/download/2121/1706.
- Rovelli, C. (2015). *La realidad no es lo que parece: La estructura fundamental de las cosas*. Barcelona: Tusquets Editores.

4

Edwin Mauricio Millán Hernández
James Frank Trujillo Perdomo
Sandy Liliana Silva

La salud entre el mundo clásico y el cuántico

Existen muchas formas de pensar sobre el mundo que nos rodea y nuestro lugar en él. Me gusta considerar todos los ángulos desde los que podemos ganar perspectiva sobre nuestro increíble universo y la naturaleza de la existencia.

John Archibald Wheeler

4.1 Introducción

Las siguientes reflexiones parten del hecho de que la transición entre un periodo de ciencia normal y una revolución científica aparece por el surgimiento de anomalías que resultan de problemas que no se pueden resolver, los cuales se configuran en retos, desafíos y dificultades, que conducen precisamente al surgimiento de nuevos paradigmas, revoluciones científicas y tecnológicas, que pretenden dar respuesta a nuevos interrogantes.

Por consiguiente, en los albores de la Modernidad se produjo la primera revolución científica, denominada “ciencia clásica o moderna”, la cual tardó cerca de cuatro siglos y que en el marco de la Primera Guerra Mundial y la Revolución Industrial da paso a la segunda revolución científica con la germinación de la física cuántica (teoría cuántica). *Grosso modo*, la ciencia normal es promovida en una historia que abarca desde R. Bacon y F. Bacon hasta A. Einstein. En cuanto a la segunda revolución científica, esta se dividió a su vez en tres etapas, la primera de ellas la física cuántica, que muere por circunstancias extracientíficas motivadas por la Segunda Guerra Mundial, lo que llevó a la segunda etapa, la física nuclear, con la cual se dejó a un lado la física cuántica (Maldonado, 2019), y la tercera etapa, que se puede sintetizar como la de la información cuántica.

La historia de la teoría cuántica se identifica claramente en el texto de Maldonado (2017a) *¿Ciencias sociales cuánticas?*, en el cual el autor refiere que la historia comienza en agosto de 1900, cuando M. Planck descubre la noción de *quantum* y que abarca desde 1924 hasta 1926, cuando científicos como Bohr, Born, Planck, Einstein, Dirac, Heisenberg, Jordan, De Broglie y Schrödinger llevan a cabo sus desarrollos más importantes en el

tema. Esta primera etapa va hasta 1935, más exactamente hasta la publicación del famoso artículo de Einstein-Podolski-Rosen.

Específicamente, la segunda etapa se ubica entre 1947 y 1963, con D. Bohm, R. Feynman, E. Fermi y J. Bell, entre otros, destacando el concepto central de “entrelazamiento cuántico”, incluso entre dos, tres y más cuerpos. Finalmente, la tercera etapa de la teoría cuántica se localiza entre 1963 y el presente. Dentro de los científicos que se destacaron en este periodo se encuentran A. Zeilinger, Ch. Fuchs, A. Khrennikov, siendo el concepto central el de “información cuántica”, del que emergen los temas, problemas y desarrollos vinculados a la computación cuántica.

Es así como, en esta tercera etapa, la física cuántica deja de ser la única ciencia interesada en comportamientos cuánticos, y emergen también la química cuántica, la biología cuántica, las tecnologías de sistemas basados en principios y comportamientos cuánticos, y las ciencias sociales y humanas cuánticas, incluidas la neurología y las neurociencias, entre otras. Al mismo tiempo, cabe decir que los fenómenos cuánticos dejan de ser microscópicos emergen también comportamientos y sistemas cuánticos macroscópicos (Maldonado, 2017a).

4.2 El mundo cuántico y clásico: una mirada desde la complejidad

Se empezará por considerar que la segunda ley o principio de la termodinámica clásica –quizás la más importante en el contexto de la complejidad– es la entropía formulada por L. Boltzmann. Según esta ley nada ni nadie se escapa de la flecha del tiempo

de la termodinámica, que conduce o que apunta, ulteriormente, hacia el equilibrio. El equilibrio en el marco de la termodinámica consiste exactamente en el reposo, la ausencia de interacciones, de relaciones, de dinámicas, es decir la muerte, expresando en realidad la creencia más profunda de toda la historia de la humanidad occidental con respecto al tiempo.

Así mismo, mientras la termodinámica se estaba desarrollando en el curso del siglo XIX, en otra ciencia, la biología, la situación era radicalmente disímil, dada por la publicación, en 1859, de *El origen de las especies por medio de la selección natural*, de Charles Darwin, quien afirmaba la existencia de una flecha del tiempo, la cual obedecía a la evolución que apunta hacia la creación, proliferación, especiación, diversificación; en una palabra: la vida (Maldonado y Gómez, 2011). De esta manera, la biología pone de manifiesto que el tiempo no implica, de manera alguna, erosión, pérdida, desgaste o muerte, sino, mejor aún, la creación o el aprovechamiento de oportunidades, la creación de posibilidades, la diversificación, la robustez y la vida.

Por lo demás, el inicio del desarrollo de la termodinámica clásica a la termodinámica del no equilibrio (TNE) fue posible gracias a I. Prigogine¹, quien demostró que no existen dos flechas de tiempo, sino, en realidad, solo una. Al probar que la física está

¹ Ilya Prigogine, físico belga de origen soviético y Nobel de Química 1977, piensa en tres exigencias para la física: irreversibilidad, probabilidad y coherencia para poder concebir un universo evolutivo, las condiciones para la existencia de nuevas estructuras alejadas del equilibrio. Estas concepciones sobre el orden, desorden, equilibrio y no equilibrio corresponden a un cambio de paradigma en la ciencia, ya que hasta ese momento los científicos asociaban el orden con el equilibrio y el desorden con el desequilibrio.

enmarcada por la flecha de tiempo que crea patrones y no que los destruye, consiguió el tránsito de la física del ser a la física del devenir (Maldonado, 2015). De esta suerte, se derribó la idea clásica de que en el universo existen sistemas aislados o cerrados. La termodinámica clásica y la termodinámica del no equilibrio son una sola ciencia que comprende dos momentos: el primero o clásico, que pivota alrededor de la noción del equilibrio y, por tanto, la muerte; y el segundo, que tiene como centro el no equilibrio y, por tanto, la vida (Maldonado y Gómez, 2011).

A su vez, la ciencia del caos trabaja en un campo aún en exploración, correspondiente al caos no determinista, o también el caos cuántico y subcuántico, un área sobre la que Prigogine estaba trabajando en el momento de su fallecimiento. Precisamente por ello estos planteamientos se subsumieron en la termodinámica del no equilibrio (TNE) (Maldonado y Gómez, 2011).

Se debe agregar que en el corazón de los sistemas cuánticos está la idea del entrelazamiento cuántico. Es así que un sistema se considera enredado cuando dos partículas o fotones están tan entrelazados que nadie conoce su estado, pero la conexión entre ellos proporciona tanto la existencia como el sentido de ambos. El entrelazamiento, sin embargo, se ha desarrollado de forma experimental a tres y cuatro cuerpos, por lo general en partículas subatómicas (Gilder, 2009).

El entrelazamiento cuántico es el que articula tanto la mecánica cuántica como las ondas cuánticas, dando lugar a la aparición de dos mundos, uno basado en comportamientos cuánticos explicado por tres niveles: mecánica cuántica, ondas cuánticas y entrelazamiento. Ese mundo es el objeto de una serie de interpretaciones, más de 17, las cuales tienen como base común el problema de la interacción o la relación con el mundo clásico

(Maldonado, 2018a). El otro mundo es el clásico, siendo tradicionalmente el objeto de la ciencia, la filosofía y la cultura, tal como lo conocemos desde el pasado hasta la aparición de la ciencia cuántica.

Mientras el mundo cuántico es altamente contraintuitivo, el clásico se basa en el sentido común y la percepción humana (Haven y Khrennikov, 2013), lo que, en coherencia con la interpretación de Copenhague², sostiene que el mundo clásico es el resultado de los efectos cuánticos (Maldonado, 2018a).

Según Maldonado (2018a), desde un punto de vista lógico, el mundo clásico se rige por el principio del tercero excluido —establecido originalmente por Aristóteles—, según el cual “es imposible que una proposición (sobre el mundo) sea verdadera y su negación también sea verdad; o bien la proposición es verdadera o la negación es falsa”. Tal principio simplemente es insostenible en el marco de la teoría cuántica, algo que ya estaba claramente establecido por el experimento de doble hendidura de Young³.

² La interpretación de Copenhague hace referencia a la interpretación de la mecánica cuántica considerada tradicional u ortodoxa. Fue formulada en 1927 por el físico danés Niels Bohr, con ayuda de Max Born y Werner Heisenberg, entre otros, durante una conferencia realizada en Como, Italia. Se conoce así debido al nombre de la ciudad en la que residía Bohr. La interpretación de Copenhague incorpora el principio de indeterminación, el cual establece que no se puede conocer simultáneamente con absoluta precisión la posición y el momento de una partícula.

³ El experimento de Young, más conocido como el experimento de la doble rendija, fue realizado en 1801 por Thomas Young, en un intento de discernir sobre la naturaleza corpuscular u ondulatoria de la luz. En él se muestra que la materia es indeterminista y es afectada por nuestra observación.

Como lo expresó Maldonado (2017b), existe una coincidencia inigualable entre la teoría cuántica y la teoría de la complejidad como tal, y es el tiempo. La flecha del tiempo es lo que permite hablar no solo acerca de la complejidad, sino, mejor aún, sobre el aumento de la complejidad. Esta es cuestión de tiempo: el tiempo explica y sirve para la razón de ser de las cosas en el mundo. En contraste, en el marco de la teoría cuántica el tiempo es presente puro, expresándose en el principio de superposición: “El tiempo es puro y presente, y en el presente puro existen al mismo tiempo todas las posibilidades”, tal como sucede en el experimento mental del gato de Schrödinger⁴, el cual está muerto y vivo al mismo tiempo, antes de mirar la caja. Sin embargo, para la física cuántica no son preocupación la flecha del tiempo, el pasado o futuro.

En conclusión, se puede decir que la complejidad se funda en la física cuántica en general y en la mecánica cuántica en particular, y ello por una razón fundamental: el modelo clásico –Galileo, Copérnico, Kepler y Newton– ya estaba cerrado y nada nuevo podía ser incluido en él. Esto significa exactamente que la mecánica clásica ha sido incluida, en un momento particular, en la teoría de la relatividad. De otra parte, como un problema abierto, tenemos el modelo cuántico. Hay que decir que, por lo demás, el

⁴ El experimento del gato de Schrödinger o paradoja de Schrödinger es un experimento imaginario concebido en 1935 por el físico austríaco Erwin Schrödinger para exponer una de las interpretaciones más contraintuitivas de la mecánica cuántica. La paradoja consiste en que mientras que en la descripción clásica del sistema el gato estará vivo o muerto antes de que abramos la caja y comprobemos su estado, en la mecánica cuántica el sistema se encuentra en una superposición de los estados posibles hasta que interviene el observador, lo que no puede ser posible por el simple uso de la lógica.

conocimiento del mundo físico dirige su mirada hacia el vórtice en el que, se cree, habrán de confluír la relatividad y la cuántica, que es en una teoría de la gravitación cuántica. Sin embargo, permanece el problema del tiempo, algo que es fundamental en la complejidad y que, en la física cuántica, sigue siendo un tema inconcluso (Maldonado y Gómez, 2011).

De manera que la complejidad del mundo se refiere al entrelazamiento macroscópico, los comportamientos y sistemas microscópicos, y su correcta comprensión no se trata solo de fenómenos, procesos, estructuras y dinámicas, sino que es más bien el tejido de diferentes escalas de tiempo (Maldonado, 2017b), de estados de no equilibrio que parecen ser el punto de referencia del mundo y la realidad (Maldonado, 2018a).

4.3 Límites entre el mundo clásico y el cuántico

El problema central es la línea divisoria (límite) entre los dos mundos, el clásico y el cuántico. Una explicación clásica ha sido el colapso de función de onda, una contribución de la interpretación de Copenhague que se expresa como el proceso de decoherencia cuántica. Así, el mundo clásico es un mundo cuánticamente decoherente, y que da lugar a las entidades que vemos en la realidad convencional. En el mejor de los casos, se puede decir que en el mundo clásico solo vemos los efectos del mundo cuántico, pero nada más.

Desde otro punto de vista, los sistemas del no equilibrio (sistemas cuánticos abiertos) pueden generar o mantener el entrelazamiento cuántico como un proceso continuo de decoherencia

y recoherencia que forma la realidad (Maldonado, 2018a). En otras palabras, el mundo cuántico, que es coherente (= superposición), se decoherentiza, pero después vuelve a recoherentizarse. Esto es lo que se indica mediante la figura 1.

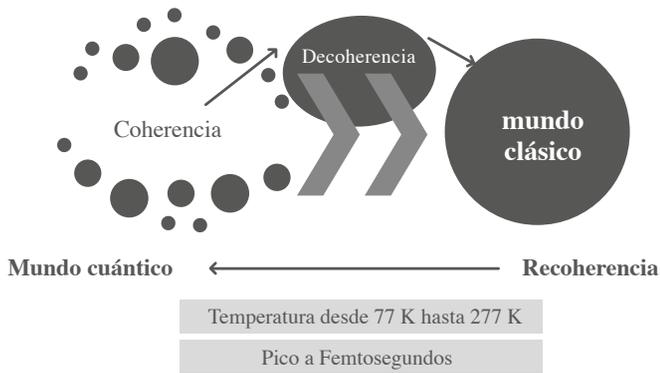


Figura 1. Coherencia, decoherencia y recoherencia cuántica.

Fuente: Maldonado, 2018a.

La preocupación tradicional ha sido acerca de las relaciones entre el universo clásico o macroscópico y el universo cuántico o microscópico. El mundo clásico surge debido al colapso de la función de onda, en otras palabras, dado por la decoherencia, la cual se sitúa en la bisagra (el límite) entre un mundo y otro. De ahí que surja la pregunta: ¿cómo y cuándo el colapso de onda da lugar al mundo clásico y cómo la recoherencia da forma al mundo?, entendiéndose que la coherencia y la recoherencia ocurren dentro del mismo lapso. Si lo que se aprecia es un proceso –digamos cíclico– de coherencia, decoherencia y recoherencia, entonces se puede decir que el mundo clásico es un caso límite de la física cuántica (Maldonado, 2018a).

El punto maravilloso, sin embargo, es que la dinámica de la coherencia hacia la decoherencia se lleva a cabo de forma continua y sigue incesantemente. Asistimos así a procesos de final y continua emergencia. El tiempo es la evolución, la evolución del tiempo sabe de una variedad de velocidades, paisajes y atractores. Es la flecha del tiempo la que pasa como bifurcaciones, o también como una abertura continua que gana incesantemente grados de libertad. Es por lo menos lo que se aprecia en la flecha del tiempo psicológico y en la cosmológica: procesos de complejidad crecientes. Existe una relación muy marcada de las escalas de tiempo que hemos llegado a “ver”; por ejemplo, las escalas de tiempo microscópicas en los procesos macroscópicos, estructuras y dinámicas. Según lo anterior, el mundo se nutre, por así decirlo, de la dimensión cuántica. El problema científico y filosófico no es de este lado de la ecuación, sino en cómo y por qué se origina el mundo clásico (Maldonado, 2017b).

4.4 Punto de encuentro entre el mundo cuántico y el clásico

Se hace indispensable una aproximación a temas que desde el siglo xx y hasta la fecha han tenido mucho dinamismo, avance e impacto en el marco del mundo cuántico y el mundo clásico, mediante un ejercicio de reflexión vinculante con elementos como el internet y la complejidad. Para ello se consideran conceptos, pensamientos y logros de científicos que han analizado esta complejidad, avanzando en el mágico mundo del conocimiento. Este ejercicio de reflexión se basó en la revisión del texto editado por

Barrow, Davies y Harper Jr., quienes se inspiraron en las ideas, las grandes preguntas y las contribuciones de John Wheeler respecto a los problemas profundos de la existencia y la naturaleza del universo, y quien tomó como herramienta las teorías de la ciencia física y la filosofía para probar la naturaleza de la realidad física (Barrow, Davies y Harper Jr., 2004). Esta sección quiere concentrarse en estos elementos.

Pues bien, el tránsito al tercer momento de la historia de la teoría cuántica generó cambios en la interacción de las diferentes disciplinas, motivando la interdisciplinariedad, pero también dando vía de forma vertiginosa al avance del conocimiento, e incluso de la tecnología. Gracias a estos procesos se han desarrollado nuevas formas de percibir al ser humano, a la naturaleza y al mundo mismo; a causa de esto, la teoría cuántica deja ser un asunto exclusivo de la física y se vuelve fundamento para las ciencias sociales, la química, la biología y las ingenierías, entre otras (Maldonado, 2017a).

A pesar de este movimiento que se viene gestando en las últimas décadas con la teoría cuántica, se pensaría que esta se ha venido dando más en las universidades, en algunas disciplinas y en el campo del conocimiento científico, pero aún no ha logrado permear a otros escenarios y actores. Nos referimos explícitamente a la medicina y a las ciencias de la salud. El resultado es que en el mundo clásico siguen predominando ideas clásicas que parten del principio del tercero excluido, el cual se basa en la idea de objetividad y de universalidad. Las cosas son vistas como individualidades portadoras de identidad y no permiten un contrario, o por lo menos otros matices. Se trata de un mundo que es explicado –e intervenido– en términos de estados, permanencias y equilibrios (Maldonado, 2017a).

4.5 Entonces, ¿qué hace al mundo cuántico tan diferente del mundo clásico?

Retomando el debate de Copenhague entre Einstein y Bohr, se plantea la siguiente pregunta:

La realidad, ¿posee un estatuto independiente de la conciencia, o bien, la realidad es creada por el observador en el momento de la observación? Frente a esta pregunta, la respuesta es que la realidad no es lo que parece, siendo la percepción natural insuficiente para entenderla y verla. El mundo se hace crecientemente complejo y altamente contraintuitivo. (Maldonado, 2017a)

Lo primero es que, para demostrar o desafiar las características contraintuitivas del mundo cuántico se requiere, afirmamos, realizar experimentos mentales, los cuales, a su vez, ya han traído a la existencia un nuevo campo de información científica dado por desarrollos científicos de la mecánica cuántica, como son la criptografía cuántica, la teletransportación y la computación cuántica. Estos desarrollos experimentales promueven la libertad de las mentes para pensar cómo funciona realmente el mundo, dejando los prejuicios, basados en conceptos clásicos-precuánticos (Zeilinger, 2004).

Otro comportamiento aplicado en el mundo cuántico y que se puede considerar clave, es el rol de un observador de los fenómenos; en este sentido, se espera un rol dinámico y que este influya o modifique el fenómeno observado mediante sus actos, todo lo anterior sobre la base de una cadena causal ininterrumpi-

da. El punto esencial de este criterio es la opinión de que estamos tratando con asuntos del mundo exterior, un mundo en el cual, mientras algo podría ser cambiado por el observador, a través del acto de observación o a través de otros actos, cualquier cambio es un cambio de características preexistentes antes de la observación (Zeilinger, 2004).

Wheeler explica este punto de vista cuando realiza el experimento de la doble ranura, el cual depende de cuál pregunta se debe realizar, si la partícula que está pasando a través del aparato puede ser vista como una partícula o como una onda. Pues bien, a partir de este experimento, Wheeler hace la indicación de que le corresponde al observador decidir, en la última instancia, justo antes de que el fotón es medido, si se comportó como una partícula o como una onda (Zeilinger, 2004).

La conclusión del experimento es que, mientras dos eventos individuales están sucediendo, su interpretación física en términos de onda o de partícula podría depender del futuro, de las decisiones que tomaríamos respecto a la medición realizada en alguna distancia y lugar “espacio-tiempo” en el futuro (Zeilinger, 2004).

Al respecto se plantea que el mundo cuántico se vale del término “depende”, es decir, depende de la variable que se quiere medir, máximo cuando esta es dicotómica, partiendo del bit, pero de comportamiento inesperado e impredecible, siendo también características de la complejidad. También depende del equipo a utilizar para hacer la experimentación y de la posición del observador en relación con la del equipo, cuando toma la muestra.

Además, según las preguntas y respuestas de Wheeler, el mundo cuántico lleva de un sistema a uno más elemental, que no es la partícula, la onda ni el átomo. El sistema más elemental es el bit de información, y es a él a donde debe llegar el observador, es

esta noción básica la que permite entender la complementariedad de la aleatoriedad de un evento cuántico individual y el entrelazamiento (Zeilinger, 2004).

Según el concepto de bits, un fenómeno está compuesto por muchos de ellos, por eso sería muy complejo estudiar un fenómeno completo. Una de las formas para llegar a la unidad básica de la información es dividir el fenómeno hasta llegar al único bit, unidad básica y pequeña, la cual sería más fácil estudiar. Algo similar ocurre con la computación cuántica, la cual se basa en la superposición de varios estados complejos, que a su vez consisten en muchos qubits⁵ (Zeilinger, 2004).

Teniendo en cuenta lo anterior, se deduce que la información y la realidad son básicamente lo mismo (Zeilinger, 2004). Se acuña esta conceptualización para interpretar que el mundo clásico y el mundo cuántico se encuentran aquí, en razón a que la realidad, independientemente del mundo al cual se hace referencia, está compuesta por muchos bits de información.

En suma, el internet –reconocido como un canal de incorporación social y cultural– nace en 2008 en respuesta a la tercera revolución industrial y es utilizado como un mecanismo para difundir el conocimiento (Maldonado, 2018b). Internet se convierte en ejemplo de un canal donde se bifurcan, pero convergen, el mundo cuántico y el mundo clásico; estos están contenidos en información (bits), tal vez no relacionados directamente, pero sí a disposición de todos los usuarios.

Existen entonces dos mundos, uno basado en comportamientos cuánticos –explicados en tres niveles: mecánica cuántica

⁵ Se entiende como un bit cuántico, dado por el dato binario con el que cuenta un *quantum*.

tica, ondas cuánticas y entrelazamientos—, totalmente contraintuitivo y cuyo mayor problema es la interacción con el mundo clásico; y otro, el mundo clásico, que es el objeto tradicional de la ciencia, basado en el sentido común y las percepciones humanas (Maldonado, 2018b). Pero la existencia de estos dos mundos como distintos o disímiles constituye un verdadero problema.

Como conclusión, el punto de encuentro entre el mundo clásico y el cuántico es la información codificada en bits. Es así como el internet se convierte en un canal importantísimo a través del cual fluye dicha información y sirve como herramienta para unir ambos mundos a un nivel macro. La complejidad, se entiende, se articula al tema por la forma como se comporta el bit, es decir que no es predecible, no tiene una dirección lineal, carece de estabilidad, es aleatorio y tiene mayor relación con el comportamiento de los bits de información que son parte del mundo cuántico.

4.6 Bibliografía

- Barrow, J., Davies, P. y Harper Jr., C. (2004). *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology, and Complexity*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Gilder, L. (2009). *La edad de entrelazamiento, cuando renació la física cuántica*. Nueva York: Vintage Books.
- Haven, E. y Khrennikov, A. (2013). *Quantum Social Science*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Maldonado, C. (2015). Ciencias de la complejidad, educación, investigación. Tres problemas fundamentales. En Universidad Simón Bolívar, *Simposio Internacional Educación, Formación Docente y Práctica Pedagógica en Contexto* (pp. 49-64). Barranquilla: Universidad Simón Bolívar.
- Maldonado, C. (18 de abril, 2017a). ¿Ciencias sociales cuánticas? *Le Monde Diplomatique*, 3-35.
- Maldonado, C. (2017b). Matching the Unmatchable. *Complexity Theory and Quantum Theory. NeuroQuantology*, 15, 125-129.
- Maldonado, C. (2018a). A Quantum Coherence-Recoherence-Based Model of Reality. *NeuroQuantology*, 16, 44-48.
- Maldonado, C. (Ed.) (2018, julio-diciembre). Complejidad y salud pública. Marcos, problemas, referencias. *Rev. Salud Bosque*, 8(2), 83-96. doi: <http://dx.doi.org/10.1870/rsb.v8i1.2497>
- Maldonado, C. (2019). Rupturas, continuidades y problemas en el mundo cuántico. Notas de clase Doctorado en Salud Pública. Segundo semestre. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Maldonado, C. y Gómez, C. (2011). *El mundo de las ciencias de la complejidad: Una investigación sobre qué son, su desarrollo y sus posibilidades*. Bogotá: Universidad del Rosario.

Zeilinger, A. (2004). Why the Quantum? “It” from “bit”? A participatory universe? Three far-reaching challenges from John Archibald Wheeler and their relation to experiment. En J. D. Barrow, P. C. Davies y J. C. Harper, *Science and Ultimate Reality* (pp. 201-362). Reino Unido: Cambridge University Press.

5

Camilo José González Martínez
Maximiliano Bustacara Díaz
Edwin Mauricio Millán Hernández

Sociedad cuántica y salud pública

Hay buenas razones para suponer que la mente tiene realmente una dimensión cuántica y que, por lo tanto, nuestro potencial social puede derivar, literalmente, de eso, al menos en parte.

Danah Zohar

5.1 Introducción

El presente capítulo se desarrolla desde el análisis del libro *La sociedad cuántica*, de Zohar y Marshall (1994), abordado desde la teoría cuántica hacia la construcción de una metáfora asociada con la teoría social y la salud pública. Se describen así, de forma narrativa, algunos conceptos fundamentales de las dinámicas cuánticas, su relación con el colectivo humano y las bases teóricas de la salud pública que conllevan probablemente al desarrollo humano en una sociedad cuántica.

El paradigma actual de la física se fundamenta sobre cuatro teorías que explican el origen del universo: la relatividad especial, la relatividad general, la mecánica cuántica y la teoría cuántica de campos. La estrecha relación entre las cuatro teorías y la segunda ley de la termodinámica¹ fundamenta la vida misma. Una primera descripción de entropía llegó de la mano de Ludwig Boltzmann, quien la formula relacionando un espacio de fase, el cual se subdivide en conjuntos de partículas, tal como se comportan los colectivos sociales; en una posible implicación, si dos subconjuntos se unen, la entropía emergente será igual o superior a la suma de la entropía de cada sistema (Herce, 2014).

El anterior concepto es propio de los sistemas complejos adaptativos donde resultados emergentes suelen ser diferentes a la suma de sus partes. El hecho de conocer las circunstancias de un individuo no siempre nos ayuda a predecir el comportamiento de una colectividad; así mismo, en ocasiones es posible anticipar

¹ Entropía: magnitud que mide el grado de libertad molecular de un sistema.

el proceder de un grupo de personas sin conocer detalles individuales de los sujetos que lo conforman (Watts, 2006).

Por esta razón, el análisis considera las limitaciones que presenta la percepción natural. En suma, la mecánica clásica y la descripción macroscópica² no son del todo suficientes para entender la realidad y lograr una visión holística verdaderamente significativa para comprender los fenómenos físicos, químicos, biológicos y conductuales, y por ende los fenómenos emergentes, como las relaciones sociales y la salud; según Maldonado (2017), “el mundo se hace crecientemente complejo y altamente contraintuitivo”(p. 34).

El referente es el planteado por Zohar y Marshall (1994), quienes ponen de manifiesto la percepción del mundo como un mundo ecológico, que por lo tanto comprende mucho más que la analogía de estructuras y procesos macroscópicos. La naturaleza de la mente humana, la interacción social y el mundo natural, a nivel microscópico –en términos cuánticos–, se unifican en una misma naturaleza basada en una física común, expresando los rasgos del individuo hacia una identidad propia. Sin embargo, esta yuxtaposición de naturalezas responde perfectamente al entrelazamiento cuántico, es decir que la mecánica clásica a nivel macroscópico es una sumatoria de expresiones de fenómenos

² El nivel macroscópico hace referencia a la posición o el estado físico, en el que se incluyen propiedades extensivas –como por ejemplo volumen, longitud y masa– y propiedades intensivas, como presión y temperatura (Maldonado, 2018b). El nivel microscópico enmarca fenómenos en una escala de tiempo microscópica, es decir relevantes, que complementan la realidad. Estos niveles no hacen referencia directa a tamaño, volúmenes o masas, son dependientes del tiempo (Maldonado, 2014).

relacionados con el universo microscópico³; por lo tanto, la mecánica cuántica es susceptible de aplicación a las interacciones sociales y su análisis *per se*.

Según este criterio, cada grupo social es un sistema autoorganizado (sistemas al límite del equilibrio entre el orden y el desorden), que funciona con la misma dinámica física típica de los comportamientos individuales; por consiguiente, las comunidades tendrán el potencial de comprenderse como sistemas cuánticos de aspecto dual, como una forma tipo centro y periferia, es decir, conteniendo un aspecto partícula y un aspecto onda.

Zohar y Marshall (1994) enmarcan un sistema cuántico según dos características típicas: las realidades medidas (percepciones o actitudes) y las potencialidades compartidas que afectan o presentan un potencial de afectación del sistema. Por esta razón, el individuo se describe como lo que es, lo que hace y lo que podría ser, siendo identificado con su pasado, su presente y su futuro, y en concordancia con el universo microscópico (al depender del tiempo). En los momentos sociales aceptar esta condición presenta como emergencia un pluralismo libre, susceptible tanto de ser medido en el proceso evolutivo de la sociedad como de enriquecer a cada comunidad involucrada.

Para consolidar el abordaje teórico de la sociedad cuántica, Zohar y Marshall (1994) plantean que

³ Los tiempos macroscópicos y microscópicos se expresan en dos universos, como lo señala Maldonado (2017): universo macroscópico: segundo = 1/60 m; minuto = 1/60 h; día = 24 hs; año = 365 ds; siglo = 100 as; millón de años = 10^6 ; billón de años = 10^{12} . Universo microscópico: mili = 10^{-3} ; micro = 10^{-6} ; nano = 10^{-9} ; pico = 10^{-12} ; femto = 10^{-15} ; atto = 10^{-18} ; zepto = 10^{-21} ; yocto = 10^{-24} .

esta nueva forma de interpretar la sociedad desborda la capacidad de la filosofía del contrato social y la del liberalismo individual, con sus esferas de significado privado, su política de confrontación y su neutralización de la esfera pública, porque no ofrecen espacio para el diálogo, ni la relación mutua, ni el sentido compartido. (p. 346)

En este orden de ideas, la esfera de los grupos sociales se entiende como una sociedad emergente. Así, los grupos descubren, exploran y se crean a sí mismos mientras comparten el espacio público (Zohar y Marshall, 1994).

Para una sociedad cuántica los comportamientos individuales, en el contexto de la física de partículas y el universo microscópico, evidencian socialmente una dinámica de comportamiento como partículas o como ondas. Idealmente el resultado es el entrelazamiento. Esto conlleva plantear una relación entre la teoría cuántica y la salud pública, generando una reflexión respecto a la realidad que conduce a las intervenciones en las cuales se priorizan diversos intereses sobre el ámbito social. La sociedad actual asume esta realidad en la que se generan fragmentación, relativización y determinantes sociales, los cuales se expresan en la pérdida de la salud⁴ y la necesidad de un nuevo modelo social.

⁴ Según Maldonado y Gómez (2010), la salud es un estado que no se puede resolver; tampoco se puede abordar por la vía de fragmentación del problema, por lo tanto no existe un tiempo polinomial para resolverlo. Esto quiere decir que la salud es un problema relevante que no se puede resolver por algoritmos deterministas, siendo una emergencia de situaciones múltiples; en todo caso, es en magnitud mucho más que la ausencia de enfermedad y un estado de bienestar.

Considerar una sociedad cuántica es básicamente una utopía, ya que en términos sociales siempre habrá externalidades definiendo la identidad de los individuos y estas rigen la evolución social; sin embargo este capítulo pretende establecer una metáfora consecuente al planteamiento elaborado por Zohar y Marshall de la sociedad cuántica, pues si la sociedad es una compañía de danza libre que acepta los movimientos de todos los involucrados en el baile, tal vez sea arriesgado, pero en un sentido cuántico la salud pública corresponde al aspecto onda de los individuos y a los entrelazamientos cuánticos, es decir que, en términos de la sociedad cuántica, no existen los determinantes sociales de la salud.

5.2 Sociedad cuántica y salud pública: la utopía de la diversidad, un “baile” entre partículas y ondas

Según Bäuml, Bruß, Huber, Kampermann y Winter (2016), en la física de partículas la relación entre el comportamiento como partícula u onda se mide en tiempos microscópicos –vertiginosos–, y a su vez en expresiones de estos, a niveles macroscópicos, como lo presenta la relación entre individuos con intereses comunes a nivel colectivo (Ali, Fayyaz y Amin, 2019). Encontrar factores que permitan conectar los unos con los otros es fundamental para convencernos de poder convivir en medio de las diferencias, lo cual sugiere considerar el comportamiento de las partículas en términos cuánticos en el marco de la sociedad.

Para este enfoque es inevitable mencionar que existe una gran influencia de espiritualidad asumida en la sociedad cuántica de

Zohar y Marshall. Esto de alguna manera se podría considerar como un sesgo para la comprensión de la relación entre teoría cuántica y sociedad. Sin embargo, la racionalización de esta permite un acercamiento a algunas corrientes filosóficas, y sobre todo a ir más allá de la influencia de una deidad única –exclusiva para pocos.

No obstante, la espiritualidad requiere considerar un enfoque no mecanicista, ni clásico; preferiblemente un enfoque reflexivo que permita mediar las diferencias individuales a través de conciliaciones. En consecuencia, la espiritualidad se debe concentrar en una filosofía central y en compromisos disruptivos de las barreras de las religiones. Es decir, el ajuste de valores espirituales debe conducir a la sociedad hacia una filosofía central (ecologista), acogiendo la naturaleza como ese vacío en la física del universo –más allá de una deidad–, esta filosofía fundamentaría la relación entre los individuos y la naturaleza misma (Zohar y Marshall, 1994). Lo anterior es la puerta de entrada para aceptar los puntos de discordancia, empezando por determinar factores comunes dentro de la diversidad: somos macroscópica y microscópicamente diferentes.

Para poder contextualizar estas diferencias es necesario mencionar que los organismos, en un marco individual, presentan diferentes escalas, permitiendo su análisis y comprensión, pues a nivel macroscópico los niveles de medida de organismos se presentan en metros, hasta llegar al tamaño de las células medidas en micrómetros. En contraste, los procesos biológicos inherentes a estos organismos se presentan a niveles microscópicos medidos en tiempos, pues las moléculas tienen lugar de transformación en nanosegundos, los procesos genéticos de femto a picosegundos y la mayoría de reacciones químicas de femto a attosegundos (Maldonado, 2014).

La antropología asegura que la naturaleza humana es enteramente histórica; las escalas individual y social se forman a través de historias particulares, puntos de vista y conjuntos de valores que informan nuestra existencia única (Bibeau, 2008). Por tal razón, para esta idea conceptual de sociedad cuántica se considera relevante destacar factores comunes de expresiones individuales no medibles macroscópicamente como el amor, la bondad, el cariño, la ternura y la capacidad de aceptar que existen diferencias –tanto en cuerpo como en mente, y sobre todo en la forma de ver, sentir y actuar en el mundo social, natural y por supuesto espiritual–. Estos factores comunes se hacen propios del entrelazamiento cuántico⁵.

Según Halík (2018), la expresión de amor en este contexto debe ir un poco más allá de la idea romántica, es el valor de dar muerte al propio egoísmo, de olvidarse de uno mismo por los otros y de salir de sí mismo; este es un enfoque para iniciar con el primer paso de pensar en el sentido de sociedad cuántica, de poder tomar la iniciativa y comenzar con el “baile”.

Dar el primer paso para una forma cuántica de sociedad es una decisión consciente, progresiva pero fundamentada en lo que Hall (2010) denominó una crisis de identidad. “La identidad totalmente unificada, completa, segura y coherente es una fantasía” (p. 365). Con esta afirmación podemos iniciar la construcción de un nuevo sentido de sociedad; para el sujeto posmoderno, la identidad es una “fiesta móvil” (Hall, 2010).

⁵ El entrelazamiento cuántico, paradoja EPR, consiste en la posibilidad de que dos objetos físicamente separados se puedan comunicar, con la posibilidad de compartir la misma información y alterar su estado, aunque uno de los dos objetos sea el afectado (Gilder, 2008).

Zohar y Marshall (1994) se refieren a la sociedad como una compañía de danza libre en la que cada miembro es un solista con su propio estilo, pero moviéndose creativamente en armonía con los otros (p. 22); se hace necesario establecer la aceptación del talento, o la ausencia de este, en cada uno de los “bailarines”, lo cual requiere modificar la percepción, los valores sociales, y por ende los juicios de valor.

La idea de un nuevo modelo de sociedad –un baile– basado en la gracia o torpeza de los “bailarines” hace que la realidad emerja de la percepción propia de entender y ver el mundo. Sin embargo, el planteamiento de la sociedad cuántica es aprender a “bailar juntos”, aceptar que todos forman parte de la “obra”, y esta “obra” no es una sincronía de movimiento *per se*, es simplemente movimiento, es donde inicia el baile, es el punto de convergencia para dar un paso más rumbo a la utopía de la diversidad, pues cada “bailarín” tiene su intervención propia, original y única en la “obra”, y esta es la esencia de ser diferentes, auténticos, fundamentalmente partículas en el espacio.

Werner Heisenberg, citado por Zohar y Marshall (1994), plantea que “muchas tradiciones culturales distintas pueden convivir juntas y combinar diferentes esfuerzos humanos en un nuevo tipo de balance entre pensamiento y acción, entre actividad y meditación” (p. 41). La consecución de ese balance mencionado por Heisenberg consiste en lograr una sociedad cuántica, por lo cual formar parte del “baile” es aceptar la diversidad y reconocer que las personas están todas juntas en la “obra”.

La cuestión del balance planteado por Heisenberg es considerar su posición respecto al principio de incertidumbre y posterior interpretación de Bohr, como principio de la complementariedad, pues la incertidumbre se expresa como la imposibilidad

de medir simultáneamente, con precisión absoluta, la posición y la cantidad de movimiento de una partícula (Kasahara, 2003), mientras que la complementariedad de Bohr se expresa en dos aspectos: posición y cantidad de movimiento, y no se pueden percibir simultáneamente, de manera que un “objeto cuántico” solo se presenta en uno de los dos aspectos al mismo tiempo, como onda o como partícula (Kasahara, 2003).

El balance mencionado por Heisenberg corresponde igualmente a la interpretación del papel del observador, pues o bien es incertidumbre o bien es complementariedad, lo cual es básicamente un reflejo del experimento de Schrödinger⁶. De acuerdo con esto, el balance se focaliza en el observador, pero su papel va más allá de la posible interpretación del experimento; pensar en alcanzar el balance requiere asumir la probabilidad de nuevas interpretaciones que llevan a cambiar la forma de pensamiento, modificar estructuras preestablecidas, aprender un nuevo lenguaje y tener por resultado una forma distinta de experimentar las relaciones con los demás.

⁶ El experimento de Schrödinger consiste en considerar un gato dentro de una caja completamente cerrada y opaca. En el interior se utiliza un mecanismo de detección de electrones conectado a un martillo, debajo se instala un contenedor de vidrio con un veneno letal para el gato. Si el mecanismo de detección de electrones se activa, el martillo caerá y romperá el contenedor de vidrio con veneno. Al disparar un electrón pueden suceder dos cosas: el detector capta el electrón y el mecanismo se activa, el martillo rompe el contenedor, sale el veneno, el gato lo inhala, y por ende muere. Al abrir la caja el gato está muerto. O el electrón toma otro camino y no es captado por el detector, por lo cual el martillo no caerá y el contenedor no se romperá, y el gato seguirá vivo. Al abrir la caja el gato estará vivo. Entonces, el gato está vivo y muerto al mismo tiempo (Gilder, 2008).

Siguiendo la secuencia metafórica, “el observador” debe vincularse “al baile” y para esto se debe considerar que existen nuevos pasos y diferentes formas de bailar, cada “bailarín” u observador expresa sus movimientos según su experiencia y sentido de interpretación de los compases, básicamente una manifestación propia de su identidad cultural y términos colectivos.

La sociedad actual es una yuxtaposición de pueblos, culturas, tradiciones, diferencias políticas, religiosas y estilos de vida (Zohar y Marshall, 1994). Foucault (1990) argumentó que el juego de poder es inherente a la sociedad, considerando un contraste más allá del pluralismo; es cuestión de aceptar la percepción del individuo y vincular las diferencias al papel del observador dentro del “baile”. Llegar a comprender la sociedad requiere nuevas temáticas, nuevas epistemologías que permitan entender la complejidad de las colectividades, trabajar no linealmente. Es indispensable profundizar los conceptos de autoorganización, sinergias, redes complejas, modelo estándar, colapso de onda y termodinámica del no equilibrio (Maldonado, 2018b).

Además, la individualidad está relacionada con el espíritu de multitud; Bauman (2005) argumenta: “Se trata de una exigencia cuya observancia está vigilada por el colectivo. Ser un individuo significa ser como todos los demás del grupo” (p. 30). Sin embargo, el papel social del individuo en la comunidad no solo depende de su participación, sino también de las posiciones en el grupo y la posibilidad de generar *overlaps* o solapamientos⁷ con

⁷ Solapamiento hace referencia a la capacidad individual de generar relaciones o vínculos con individuos de una misma población, o extrapolar estas relaciones con otras poblaciones. Se genera un vínculo entre grupos sociales como resultado de la formación de redes (Watts, 2006).

otros grupos. En la variante cívica de la lógica de la elección –característica de las sociedades democráticas liberales–, los bloques de construcción individuales que componen el colectivo se denominan ciudadanos. Estos pueden ejercer su influencia mediante el voto, sus votos se suman, y el mayor gana. Ninguno de estos sistemas de adición es completamente lineal, puesto que los colectivos no se crean añadiendo demandas o votos, sino agregando nuevas variables, las cuales pueden llegar a ser ocultas (Mol, 2008; Watts, 2006).

Esto permite un mayor número de conexiones que, según la teoría de grafos, se llamaría “evolución de la red”, pues las redes sociales no son estáticas, a lo largo del tiempo se forjan nuevas relaciones y se abandonan otras. En términos generales, los seres humanos se subdividen en una miríada de grupos: países, grupos de género, razas, afiliaciones religiosas, estratos culturales y socioeconómicos, etc. En cualquier momento, un individuo es miembro de múltiples grupos, cada uno con una agenda y un conjunto de demandas asociadas impulsadas por incentivos diferentes. “Si bien el comportamiento de los individuos es sin remisión, complejo e impredecible, es posible sintetizar el comportamiento de las colectividades” (Martin, Grant y D’Agostino, 2012; Watts, 2006).

Además, una sociedad cuántica plantea el reto de la diversidad como aprender a vivir con las diferencias. Por tanto, es necesario conocer el aspecto partícula –la pauta única que identifica la identidad, el estilo único; coherente con las posturas de Mol y Watts– y el aspecto onda –la parte entretejida con el ser de los otros, con las demás partículas–, propendiendo a ser algo mayor y evolucionar: “Desde la teoría cuántica, cada uno de nosotros es tanto uno como otro” (Gilder, 2008; Zohar y Marshall, 1994).

Para hablar de sociedad cuántica es necesario comprender que las ciencias sociales cuánticas no trabajan a partir de distinciones entre sujeto y objeto, entre sujeto y realidad (Maldonado, 2017), pero admiten el entrelazamiento enmarcado por el “aspecto onda” mencionado antes. Por tal razón, en términos de teoría de ondas, estas se extienden en todas las direcciones al mismo tiempo, y según Maldonado (2018) este entrelazamiento es el argumento más fuerte contra el mecanicismo y el determinismo, puesto que reemplaza la individualidad, ¿acaso no es esto el fundamento utópico de la sociedad cuántica?, ¿acaso el “baile”, a su vez, no involucra movimientos en simultáneo?

Según Rovelli (2015) la realidad es una red de fenómenos granulares. La dinámica de relación es netamente probabilística, por lo cual las relaciones entre fenómenos, el espacio, el tiempo, la materia y la energía se disuelven en una nube de probabilidades. Al situar las acciones y prácticas de los individuos en su entorno social, descubrimos el mundo real, tal como lo observan los individuos, y este siempre suele estar fragmentado. Es precisamente esta fragmentación y diversidad lo que surge del choque entre conductas, finalmente esto lleva a antropomorfizar a la humanidad (Bibeau, 2008).

Según Rovelli (2018), el mundo se comporta como un conjunto de acontecimientos sin orden y se materializa en relaciones; cada parte del mundo interactúa con una pequeña porción de todas las variables y esa sumatoria determina el estado de la sociedad. Si analizáramos cada acontecimiento de forma individual tendríamos la capacidad de ver cada partícula como el movimiento único de cada uno de los “bailarines”; pero en el mundo no se baila solo, existe un gran número de partículas, que al comportarse como ondas y al entrelazarse lograrían consolidar la sociedad cuántica.

Una de las formas para llegar a una sociedad cuántica es liberar los preconceptos, es lograr una nueva comprensión e interpretación de los fenómenos, es la indeterminación que se hace básica en los procesos de consolidación de sociedad; al final de la conversación no habrá acuerdo, pero en el sentido cuántico se acuerda: desacordar (Sánchez-Gómez, 2014; Zohar y Marshall, 1994).

En respuesta a la sociedad cuántica, la salud pública⁸ no se limita a interacciones simples e irrelevantes. Una sociedad cuántica involucra comportamientos individuales como ondas, por ende, la salud pública será la respuesta emergente a los entrelazamientos cuánticos de individuos; si la sociedad cuántica es una sociedad ideal, la salud pública sería su respuesta. En este sentido, los determinantes sociales de la salud⁹ no se podrían considerar parámetros de una misma ecuación. Según Gratton (2003), Schrödinger planteaba que el valor correcto de la velocidad de grupo para una partícula libre es constante, por lo tanto, la sociedad cuántica responde a la ecuación de onda de Schrödinger. En un sentido cuántico, entonces, no existen los determinantes sociales de la salud, por lo cual la función de onda respondería a

⁸ La salud pública es la disciplina que se encarga de la protección de la salud a nivel poblacional; va más allá de la salud humana, siendo esta su principal objetivo.

⁹ Se entienden por determinantes sociales de la salud, las condiciones en que las personas nacen, crecen, trabajan y envejecen. Estas circunstancias están determinadas por la distribución de dinero, poder y recursos globales, nacionales, regionales y locales. Estos determinantes se consideran responsables de las inequidades en la salud (World Health Organization, 2018).

las expresiones colectivas de la sociedad cuántica, mas no a externalidades del sistema social *per se*.

Para Zohar y Marshall (1994) parece haber un principio universal de evolución social, siendo este nuestro futuro, pero se debe aceptar la indeterminación, la diversidad, ser cuánticamente partículas y ondas, entrelazamientos, pluralismo, ser un todo y así mismo ser uno y el otro; lo que se expresará en nuestra evolución social, idealmente será una emergencia cultural, una utopía de la diversidad, una sociedad cuántica, y finalmente tendremos una verdadera salud pública.

5.3 Bibliografía

- Ali, M., Fayyaz, I. y Amin, R. (2019). Spirituality, moral conviction and prosocial rule-breaking in healthcare. *Journal of Business Management*, 59(February), 3-15. Recuperado de <https://iops-science.iop.org/article/10.1088/1367-2630/18/1/015002/pdf>
- Bauman, Z. (2005). *Vida líquida*. Barcelona: Paidós.
- Bäumel, S., Bruß, D., Huber, M., Kampermann, H. y Winter, A. (2016). Witnessing entanglement by proxy. *New Journal of Physics*, 18(1). Recuperado de <https://doi.org/10.1088/1367-2630/18/1/015002>
- Bibeau, G. (2008). At Work in the Fields of Public Health: The Abuse of Rationality. *Medical Anthropology Quarterly*, 11(2), 246-252. Recuperado de <https://anthrosource-onlineibrary-wiley-com.ezproxy.unbosque.edu.co/doi/abs/10.1525/maq.1997.11.2.246>
- Foucault, M. (1990). *Tecnologías del yo*, 95-140. Recuperado de <http://experienciasinvestigacion2012.pbworks.com/w/file/52494208/foucault-omnes-et-singulatim.pdf>
- Gilder, L. (2008). *The Age of Entanglement*. Nueva York: Alfred A. Knopf.
- Gratton, J. (2003). La teoría de Schrödinger. En *Introducción a la mecánica cuántica*, Vol. 1 (pp. 68-86). Buenos Aires: Instituto de Física del Plasma. Recuperado de [http://www.lfp.uba.ar/es/notas de cursos/notasmecanicacuantica/07S-schrodinger.pdf](http://www.lfp.uba.ar/es/notas%20de%20cursos/notasmecanicacuantica/07S-schrodinger.pdf)
- Halík, T. (2018). Amor: desde dónde y hacia dónde. En *Quiero que seas: Sobre el Dios del amor* (pp. 7-14). Barcelona: Herder Editorial. Recuperado de <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.unbosque.edu.co/lib/bibliobosquesp/reader.action?docID=5635897yppg=7>

- Hall, S. (2010). La cuestión de la identidad cultural. En E. Restrepo, C. Walsh y C. Vich (Eds.), *Sin garantías: Trayectorias y problemáticas en estudios culturales* (pp. 363-401). Bogotá: Envión Editores. Recuperado de http://www.ramwan.net/restrepo/documentos/sin_garantias.pdf
- Herce, R. (2014). *De la física a la mente: El proyecto filosófico de Roger Penrose*. Madrid: Siglo XXI Editores.
- Kasahara, J. (2003). *El problema de la materia en Heisenberg*. Chile: Universidad de Chile. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/110080/kasahara_j.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Maldonado, C. (2014). ¿Qué es la biología cuántica? *Desde Abajo*. Recuperado de <https://www.desdeabajo.info/ciencia-y-tecnologia/item/24796-que-es-la-biologia-cuantica.html>
- Maldonado, C. (2017). ¿Ciencias sociales cuánticas? *Academia*, 165, 34-35. Recuperado de www.academia.edu/32546526/Ciencias_sociales_cuanticas
- Maldonado, C. (2018a). Quantum physics and consciousness: a (strong) defense of panpsychism. *Quantum Physics and Consciousness*, 41, 101-118. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/330510998_Quantum_Physics_and_Consciousness_A_Strong_Defense_of_Panpsychism
- Maldonado, C. (2018b). *Termodinámica y complejidad*. Bogotá: Ediciones Desde Abajo.
- Maldonado, C. y Gómez, N. (2010). *Modelamiento y simulación de sistemas complejos*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Martin, G., Grant, A. y D'Agostino, M. (2012). Global health funding and economic development. *Globalization and Health*, 8(1), 8. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/1744-8603-8-8>

- Mol, A. (2008). Individual and collective. En *The Logic of Care* (pp. 57-70). Nueva York: Routledge Taylor y Francis Group. Recuperado de <https://doi.org/10.4324/9780203927076>
- Rovelli, C. (2015). *La realidad no es lo que parece*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Rovelli, C. (2018). *El orden del tiempo*. Barcelona: Anagrama.
- Sánchez-Gómez, J. (2008). Lo cuántico y lo caótico: su impacto en lo social. *FISEC-Estrategias*, 10, 165-178. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/228932738_LO_CUANTICO_Y_LO_CAOTICO_SU_IMPACTO_EN_LO_SOCIAL
- Watts, D. (2006). *Seis grados de separación*. Barcelona: Paidós.
- World Health Organization (2018). *WHO Housing and health guidelines*. Ginebra: OMS. Recuperado de <http://www.who.int/phe%0Ahttp://apps.who.int/bookorders>.
- Zohar, D. y Marshall, I. (1994). *La sociedad cuántica*. Barcelona: Plaza y Janés Editores.



Conclusiones

El primer capítulo de este libro consiste en una invitación: jugar, jugar incluso hasta la ludopatía, arriesgar y atreverse. Para ello toma un basamento: la imaginación y los experimentos mentales. Imaginar lo que nadie ha imaginado, ver lo que nadie ha visto, pensar lo que nadie ha pensado, descubrir lo que nadie ha descubierto. (Entre paréntesis, ¿no es a ello a lo que debe preparar un buen doctorado?).

El segundo capítulo estudia la ruptura que representa el tránsito de la física clásica a la física cuántica, y presenta la idea de las tres revoluciones científicas acontecidas o en marcha. Lo que tácitamente afirma ese capítulo es que la medicina y las ciencias de la salud fueron las hijas de la primera revolución científica, pero que existen otras formas de ciencia y de investigación de punta.

El tercer capítulo sienta las bases hacia la salud. Pero lo hace desde el interior de algunas de las ideas capitales con las que discutimos el universo físico. Tiempo y espacio aparecen como asuntos que no deben ser tomados como algo que vaya de suyo. La idea de base es que nadie puede pensar –en este caso, la salud– sin tener en cuenta, al mismo tiempo, el cuadro general de la vida y del universo. Este *big picture* aparece esbozado e insinuado.

El cuarto capítulo plantea un problema difícil: existen, según parece, dos mundos: el mundo clásico y el mundo cuántico. Presenta las características de cada uno de ellos, y esboza la posibilidad de superar esa escisión. Pensar la salud equivale a pensar en términos no binarios ni dualistas, que es como pensar la vida misma. Pues bien, la teoría cuántica anuncia que una comprensión binaria o dualista del universo puede ser superada.

El quinto capítulo sienta todas las bases para pensar la salud pública conjuntamente con la teoría cuántica. Para ello adopta

la metáfora de la sociedad cuántica, del baile de la vida, y destaca la importancia de las ideas, las creencias de los seres humanos. El mundo se construye a partir de las creencias que tienen los agentes. Lo que aparece en los entresijos del capítulo es que el cerebro es un sistema cuántico. Su dificultad es que se comporta, en ocasiones, como un sistema clásico debido al peso de la cultura.

En los cinco capítulos el lenguaje hacia la salud es indirecto, y los caminos no son jamás directos ni explícitos. Pero el aire que se respira sí es claro y distinto para una sensibilidad fina.

Este no es un libro de introducción, a la manera tradicional como son los textos propedéuticos; y sin embargo el lector atento logra entrever, a través de las ventanas, si cabe la expresión, las luces de un nuevo territorio al que se arriba.

En todas y cada una de las líneas hay un corte muy fino para evitar facilismos y lugares comunes; esos que pueden abrirle espacios a la habladuría sobre física cuántica, sobre teoría cuántica, y sí: sobre sanación cuántica y demás campos anexos.

Quedan sentadas las bases para elaboraciones posteriores. Pero en la escritura, como en la vida misma, jamás se tiene la certeza de que lo que se siembra se cosecha, ni de cuándo y cómo se cosecha lo que se siembra. La vida está llena de buenas sorpresas, y la *conditio sine qua non* de esas sorpresas es la salud.

Ya lo dice la sabiduría popular, siempre más sabia que los especialistas: teniendo la salud se tiene todo. Por ello mismo debemos poder pensarla y vivirla. Vivir la salud es vivir sin miedos, sin construcciones, sin ataduras. Un hermoso sueño del que vale la pena no despertar.



Los autores

Adriana Lucía Acevedo Supelano

Instrumentadora quirúrgica de la Universidad de Antioquia, abogada de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, especialista en Derecho Procesal de la Universidad Libre de Bogotá, doctoranda en Salud Pública en la Universidad El Bosque. Profesora asistente de tiempo completo del programa de Instrumentación Quirúrgica de la Facultad de Medicina de la Universidad El Bosque en cirugía robótica y procedimientos mínimamente invasivos y líder de investigación del programa.

Correo electrónico: acevedosu@unbosque.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-0119-8472>

Patricia Arias Muñoz

Enfermera de la Universidad Nacional de Colombia, magíster en Enfermería, doctoranda en Salud Pública en la Universidad El Bosque, con énfasis en Educación en Salud. Profesora e investigadora de la Fundación Universitaria del Área Andina, Sede Bogotá, programa de Enfermería, líder del semillero de investigación “Bienestar y Cuidado”, catedrática de asignaturas como Formación en Salud, Principios Científicos para el Cuidado, Cuidado al Adulto I, Línea de Profundización de Cuidado. Ha liderado proyectos de investigación en modelos y teorías en enfermería, especialmente en la Ciencia de los Seres Humanos Unitarios de

Martha Elizabeth Rogers, toque terapéutico, intervención asistida con caninos y cuidados creativos en enfermería.

Correo electrónico: gariasm@unbosque.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-3242-8434>

Maximiliano Bustacara Díaz

Profesional egresado de la Universidad Militar Nueva Granada como médico cirujano, especialista en Auditoría en Salud, magíster en Pensamiento Estratégico y Prospectiva, doctorando en Salud Pública en la Universidad El Bosque. Sus intereses se centran en el desarrollo y la investigación, con un enfoque biopsicosocial y cultural y con una mirada a la problemática en salud desde las ciencias de la complejidad. Además del análisis crítico, busca plantear estrategias de aplicación por las partes interesadas vinculadas al sistema de salud. Su experiencia laboral abarca la administración en salud desde el esquema privado, con participación en la implementación de modelos de redes integradas, enfocados en el paciente, sobre una plataforma de bienestar en las diferentes etapas del ciclo.

Correo electrónico: mbustacarad@unbosque.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-7753-9563>

Camilo José González Martínez

Ingeniero ambiental de la Universidad El Bosque, magíster en Gestión Ambiental con orientación en Ingeniería y Tecnología Ambiental, especialista en Biotecnología Agraria, experto en gestión ambiental y gerencia de proyectos ambientales, doctorando en Salud Pública en la Universidad El Bosque, con énfasis en Salud Ambiental. Profesor e investigador de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (Uniminuto), Centro Regional Zipaquirá, programa de Ingeniería Agroecológica, líder del semillero de investigación “Environment, Ecology and Natural Science” (ENS), catedrático de asignaturas como Salud Ambiental, Gestión Ambiental, Ecología, Suelos, Botánica, Microbiología y Biotecnología Ambiental. Ha liderado proyectos de investigación en ecosistemas de alta montaña, ecosistemas estratégicos, restauración ecosistémica, biotecnología agraria en mejoramiento de cultivos, sustitución de insumos agrícolas de síntesis química y toxicología ambiental. “La investigación científica es la ruta para la conservación de ecosistemas estratégicos y una solución para múltiples causas de los problemas actuales inherentes a la sostenibilidad de los recursos naturales y la salud ambiental”.

Correo electrónico: cgonzalezm@unbosque.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-7051-147X>

Carlos Eduardo Maldonado

Ph. D. en Filosofía por la KU Leuven (Bélgica), posdoctorado como Visiting Scholar en la Universidad de Pittsburgh (EE. UU.), posdoctorado como Visiting Research Professor en la Catholic University of America (Washington, D. C.), Academic Visitor, Facultad de Filosofía, Universidad de Cambridge (Inglaterra). Profesor titular, Facultad de Medicina Universidad El Bosque. Ha sido reconocido con la “Distinción al Mérito” por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima (Perú), por sus contribuciones a la filosofía y a la complejidad (2008). Premio Portafolio, Mención de Honor categoría “Mejor Docente” (2008). “Profesor Distinguido”, título conferido por la Universidad del Rosario (2009). Investigador Sénior (Colciencias). “Profesor Visitante Distinguido”, título conferido por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (2017). “Visitante Distinguido”, título conferido por la Alcaldía de Chalatenango (Guatemala), por solicitud de la Universidad de San Carlos (2018). Premio Latinoamericano “Zenobio Saldivia”, conferido por el Colegio de Periodistas del Guayas, en categoría “Filosofía y Complejidad” (Guayaquil, 2018). Senior Member – IEEE. Doctor Honoris Causa, Universidad de Timisoara (Rumania), 2015.

Correo electrónico: maldonadocarlos@unbosque.edu.co
<http://orcid.org/0000-0002-9262-8879>

Edwin Mauricio Millán Hernández

Magíster en Desarrollo Sustentable de la Universidad del Valle y doctorando en Salud Pública en la Universidad El Bosque. Estudió Atención Prehospitalaria mediante una alianza entre el Hospital Evaristo García, la Defensa Civil Colombiana y la organización internacional NAEMT. Tras seis años de experiencia intentando salvar vidas como paramédico, estudió Salud Ocupacional en la Universidad del Quindío, profesión con la que llegó a más de cien empresas de diferentes sectores económicos aplicando estrategias de educación, prevención e intervención de riesgos y peligros laborales. Desde los veinte años ha tenido la fortuna de aportar sus conocimientos a estudiantes de diferentes instituciones de educación superior, como la Universidad del Valle, Intenalco, la Institución Universitaria Antonio José Camacho y el Tecnológico de Antioquia (tda), en programas técnicos, tecnológicos, pregrados y maestrías. En la actualidad se desempeña como docente de carrera en la Institución Universitaria Antonio José Camacho y ejerce una función administrativa en encargo en la Dirección Operativa del pregrado en Administración en Salud.

Correo electrónico: emillanh@unbosque.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-9283-8614>

Rosalía Olaya Zúñiga

Enfermera, especialista en Gerencia y Auditoría de la Calidad en Salud y magíster en Educación. Profesora de cátedra en la

Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas, Facultad de Enfermería. Experiencia en gerencia en instituciones prestadoras de salud, procesos de habilitación y acreditación en salud, coordinación de programas y gestión del riesgo en salud. Interés en investigación en salud, promoción de la salud con enfoque comunitario y desarrollo social.

Correo electrónico: rolaya@unbosque.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-6831-5020>

Karina Susana Pastor Sierra

Bióloga de la Universidad de Córdoba, magíster en Biotecnología de la Universidad de Córdoba, doctoranda en Salud Pública en la Universidad El Bosque. Experiencia en el manejo de técnicas básicas de biología molecular en evaluación citotóxica y genotóxica, manejo de la técnica de PCR, PCR en tiempo real, electroforesis de ADN enfocados en estudios epidemiológicos poblacionales y salud ambiental. Práctica en el manejo de bases de datos y *software* para análisis epidemiológicos. Experiencia investigativa en las áreas de minería de carbón, mercurio y ferroníquel, experiencia docente en instituciones públicas y privadas.

Correo electrónico: karinapastor@unisinu.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-6129-3666>

Erika Marcela Quintero Hernández

Médica, magíster en Epidemiología, doctoranda en Salud Pública en la Universidad El Bosque. Referente nacional de salud sexual y reproductiva en la Dirección de Sanidad de la Policía Nacional. Experiencia en el diseño y la coordinación de programas de gestión del riesgo en salud, y en enfermedades de alto costo. Interés de investigación en promoción de la salud con enfoque en la población adolescente.

Correo electrónico: equinteroh@unbosque.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-0958-292X>

Sandy Liliana Silva González

Psicóloga de la Universidad Antonio Nariño, trabajadora social de la Universidad Industrial de Santander, magíster en Psicología Clínica y de la Salud de la Universidad de los Andes, especialista en Educación e Investigación Universitaria de la Universidad Sergio Arboleda, doctoranda en Salud Pública en la Universidad El Bosque, con énfasis en Educación en Salud. Es parte del grupo de investigación Poseidón de la Escuela Naval Almirante Padilla. Experiencia de más de doce años en el diseño, coordinación y ejecución de programas de Educación en Salud enfocados a la Salud Mental y el Desarrollo Familiar en la Armada Nacional de Colombia.

Correo electrónico: sandy.silva@armada.mil.co
<https://orcid.org/0000-0001-5172-5771>

James Frank Trujillo Perdomo

Profesional en Salud Ocupacional de la Universidad del Quindío, magíster en Sistemas Integrados de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad y el Medio Ambiente, doctorando en Salud Pública en la Universidad El Bosque. Experto en gestión para la prevención de riesgos laborales. Profesor e investigador de la Institución Universitaria Antonio José Camacho, programa de Salud Ocupacional. Integrante del Grupo de Investigación Salud, Ambiente y Productividad (Gisap), catedrático de las asignaturas Ciencia, Tecnología y Desarrollo, Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, Formulación y Evaluación de Proyectos. Gestor de proyectos de intervención orientados al mejoramiento de la salud laboral en sectores productivos y de servicios. “El desarrollo económico y productivo de los Estados no está solo en la capacidad de transformación e innovación para satisfacer las necesidades del mercado, sino también en la capacidad de concebir como principio de su gestión estratégica el mantenimiento de la salud de sus trabajadores”.

Correo electrónico: jftrujillo@unbosque.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-5202-5371>



Índice temático

A

Agujero(s) negro(s) 71-72, 79, 82
Algoritmo caótico 33
Anomalías 35, 49, 55, 94
Ápeiron 70, 89
Aprendizaje 22, 26, 60, 63
Artículo de Einstein-Podolsky-Rosen 52-53, 95
Átomos de espacio 74, 81-82
Atto 58, 87, 114
Azar 33-36, 74, 76

B

Big Bang 68, 73
Biología cuántica 12, 14-15, 55

C

Ciencia(s)
 cognitivas 34
 de la complejidad 30, 31, 34, 42, 84-85, 95, 98-99, 105
 de la salud 14, 20, 25-26, 32, 34, 55, 58, 85, 103, 132
 moderna o clásica 20, 31, 34, 50, 57, 94
Colapso de onda 101, 121
Complementariedad 48, 57, 106, 119-120
Comportamientos cuánticos 25, 55, 58, 73, 95, 97, 107
Computación cuántica 55, 95, 104, 106

D

Decisiones 32, 33, 35-37, 61, 105

 estratégicas 38-39

 paramétricas 38-39

Determinantes sociales de la salud 21, 40, 115-116, 124

Determinismo 14, 59, 74, 76, 123

Dilema del prisionero 32, 37-40

E

Entrelazamiento cuántico 48, 53, 59, 95, 97, 100, 113, 118

Entropía 79, 82, 95, 112

Equilibrio de Nash 32, 37, 39

Espacio-tiempo cuántico 69, 78

Espín 74, 81, 82

Eventos raros 30, 84, 86, 88

F

Fantasía 30, 41-42, 70, 118

Femto 58, 87, 114, 117

Fenómenos cuánticos 12, 55, 57-58, 68, 86, 95

Física

 atómica 53

 clásica 48, 51, 132

 cuántica 12, 15, 20, 22, 32, 35, 48, 53, 55, 58, 61, 68, 70,
 73, 78, 85-86, 94-95, 99-100, 102, 132-133,

 moderna 48, 56-57

G

Gato de Schrödinger 48, 99, 120
Grafos 81, 122
Granularidad 73, 75
Gravedad cuántica 69, 74, 79-80, 82-83

I

Incertidumbre 36, 39, 48, 57, 119, 120
Indeterminación 57, 59, 75, 89, 98, 123-124
Indeterminismo 59, 73-76
Información cuántica 55, 94-95
Interpretación de Copenhague 13, 23, 58, 98, 100

L

Lógica 49-50, 99, 121

M

Mili 58, 87, 114
Modelo
 clásico 99
 de átomo de Bohr 75
 estándar 57, 121

N

Nano 58, 87, 114

O

Ondas 23, 71-73, 97, 107, 115-116, 122-124

P

Paradoja de Schrödinger 99, 118

Percepción natural 20, 24-25, 50, 52, 104, 113

Principio 14, 48, 57, 76, 89, 95, 124

de incertidumbre 98, 119

de superposición 48, 99

del tercero excluido 98, 103

Problema(s) 14, 23, 38, 48, 54-55, 75, 79, 85, 94-95, 100, 102-103, 107, 115

de frontera 31, 34-35

de medición 48

del buen samaritano 40

del observador 48

Proyecto Manhattan 53

Q

Quantum 52-53, 94, 106

R

Racionalidad 30-31, 40, 73

Realidad física 51, 55, 78, 103

Relatividad 57, 69, 71, 75, 78, 99, 100

especial 74, 78, 112

general 72, 79-80, 112

Revolución científica 23, 31, 49, 55
cuarta 14, 23
primera 31, 35, 49, 51
segunda 32, 34, 48, 51-52
tercera 20, 106

S

Salto cuántico 40, 75-76
Sanación cuántica 13, 23, 133
Superposición 48, 57, 99, 101, 106

T

Teorema de Bell 59
Teoría
cuántica de campos 78, 112
de cuerdas 69, 80, 82
de juegos 32, 36-39
de la decisión racional 35, 38-39
de la evolución 20-21
de la gravedad cuántica 79, 83
de la probabilidad 34
de la relatividad de Einstein 57, 71, 78, 80, 99
Termodinámica del no equilibrio 96-97, 121

Y

Yo cuántico 22

Yocto 58, 87, 115

Z

Zepto 58, 87, 115



Índice onomástico

A

Anaximandro 70, 89

Aristóteles 71, 98

B

Bachelard, Gaston 23

Bacon, Francis 94

Bacon, Roger 94

Bell, John Stewart 48, 59, 86, 95

Bohm, David 86, 95

Bohr, Niels 14, 21, 23, 52, 54, 58-59, 75, 94, 98, 104, 119

Boltzmann, Ludwig Eduard 95, 112

Borges, Jorge Luis 15, 41

Born, Max 52, 59, 94, 98

C

Canguilhem, Georges 23

Cardano, Gerolamo 34

Copérnico, Nicolás 52, 99

D

Damasio, Antonio 61

Darwin, Charles 96

De Broglie, Louis-Victor 52, 94

Demócrito 70-72

Descartes, René 41

Dirac, Paul 52, 58, 76, 78, 94

E

Einstein, Albert 12-13, 21, 52-54, 58-59, 71-73, 79, 80, 86, 94-95

F

Fermi, Enrico 86, 95

Feynman, Richard 86-87, 95

Fox, Evelyn 20

G

Galilei, Galileo 21, 41, 50, 52, 85, 99

Gilder, Louisa 48, 53, 59, 97, 118, 120, 122

H

Hawking, Stephen 82

Hecateo 70

Heisenberg, Werner 13, 48, 52, 58, 94, 119, 120

J

Jordan, Pascual 52, 94

K

Kauffman, Stuart Alan 24

Kepler, Johannes 52, 99

Koch, Robert 21, 50

Koyré, Alexandre 23

Kuhn, Thomas Samuel 23, 36, 49, 54

L

Leucipo de Mileto 70, 72

Leeuwenhoek, Anton van 21

M

Maturana, Humberto 24

Maxwell, James Clerk 52

N

Nash, John 32, 36-37, 39

Newton, Isaac 21, 50, 52, 57, 99

P

Pasteur, Louis 21, 50

Pauli, Wolfgang Ernst 59

Planck, Max 35, 52, 53, 73, 75, 88, 94

Platón 71

Podolski, Borís 53, 95

Prigogine, Ilya 96-97

R

Rojo, Alberto 15

Rosen, Nathan 53, 95

Rovelli, Carlo 68, 70-85, 123

S

Schrödinger, Erwin 13, 48, 52, 94, 99, 120, 124

Solé, Ricard 24

T

Taleb, Nassim Nicholas 88

V

Varela, Francisco 24

Vesalius, Andrés 21

W

Wheeler, John Archibald 13, 79, 103, 105-106

Y

Young, Thomas 98

Z

Zeilinger, Anton 55, 95, 104-106

Zenón de Elea 72

Zewail, Ahmed 87

Zohar, Danah 112-124

Colección Complejidad y Salud, Vol. 3

Salud pública y teoría cuántica:

Un puente para la investigación

Fue editado y publicado por la
Editorial Universidad El Bosque
Noviembre de 2019
Bogotá, Colombia

Las ciencias sociales y humanas, al igual que las ciencias de la salud –incluida la medicina–, son, a la fecha, precuánticas. En el mejor de los casos, son relativistas, en el sentido de la teoría de la relatividad de Einstein. Es imposible entender el mundo de hoy, la realidad y la naturaleza sin un conocimiento básico de la teoría cuántica. Este libro, resultado de un trabajo de investigación de estudiantes del Doctorado en Salud Pública de la Universidad El Bosque, busca llenar un vacío en una triple dirección, así: tender puentes entre la física cuántica y las ciencias sociales, tenderlos entre la teoría cuántica y las ciencias de la salud, y pensar, al mismo tiempo, la salud (no ya más la enfermedad). Se trata, hasta donde tenemos conocimiento, del primer intento serio. Una verdadera novedad, aunque un primer avance. El marco genérico en el que se inscribe este libro es el contexto de las relaciones entre las ciencias de la complejidad y la salud. Una idea de base: la salud no es única ni principalmente un problema antropológico, antropomórfico o antropocéntrico.

ISBN: 978-958-739-184-8



9 789587 391848

 UNIVERSIDAD
EL BOSQUE

Editorial