

Investigaciones en complejidad y salud

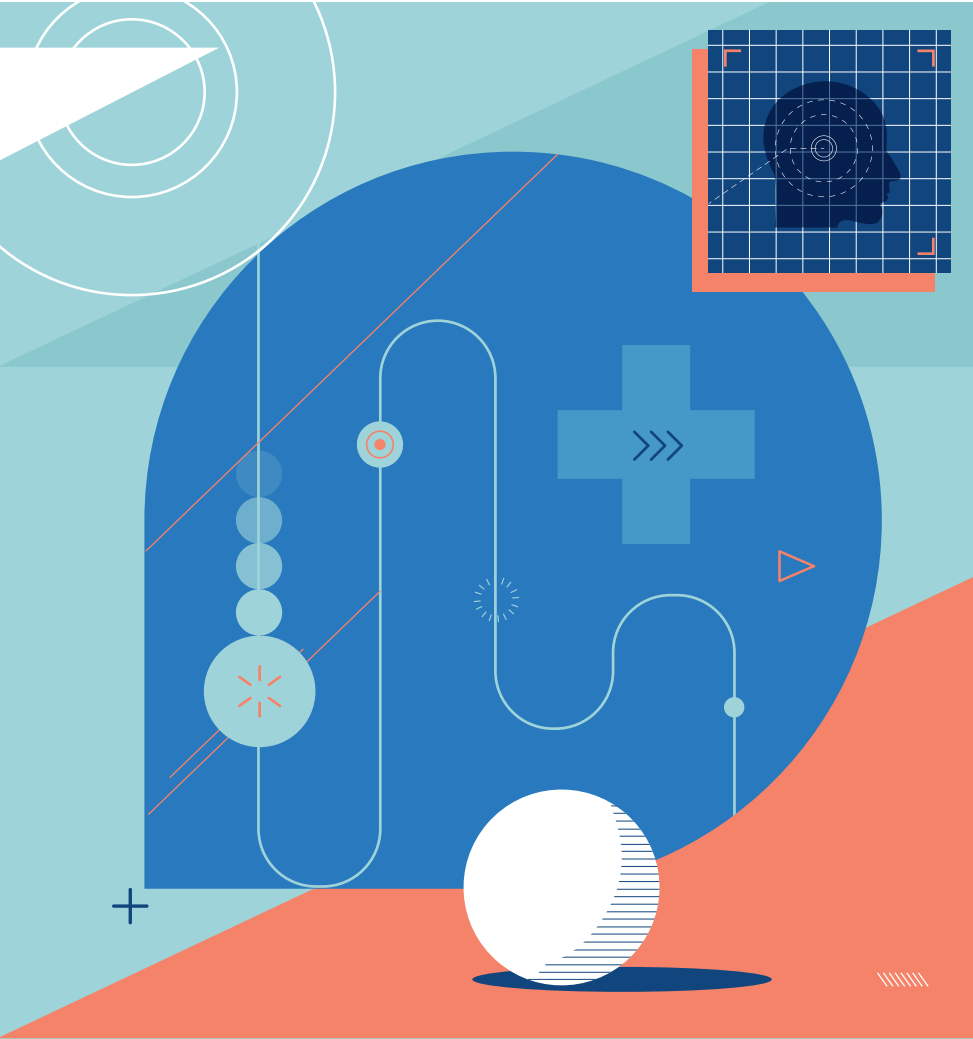
Facultad de Medicina

Grupo de Investigación Complejidad y Salud Pública

n.º 17

Año 4
mayo-junio 2022
ISSN: 2665-1564

**Metodologías y herramientas
de investigación en complejidad
para pensar la salud**



Hernán Felipe Guillén Burgos ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6961-4022>
Bertha Lucía Mora Quiñones ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3512-6917>
Sandra Paola Mondragón Bohórquez ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3026-9946>
Yisel Pinillos Patiño ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5047-3883>
Luzmila Quinto Moya ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6714-1399>
Claudia Elena Sánchez Amorcho ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3148-0177>
Diana Marcela Walteros Acero ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3007-6984>

Año 4, n.º 17, mayo-junio 2022 | issn: 2665-1564

Investigaciones en complejidad y salud

Facultad de Medicina

Grupo de Investigación en Complejidad y Salud Pública

n.º 17

Metodologías y herramientas de investigación en complejidad para pensar la salud

Hernán Felipe Guillén Burgos

Bertha Lucía Mora Quiñones

Sandra Paola Mondragón Bohórquez

Lina María Parra Sepúlveda

Yisel Pinillos Patiño

Luzmila Quinto Moya

Claudia Elena Sánchez Amorochó

Diana Marcela Walteros Acero

Año 4, n.º 17, mayo-junio 2022 | issn: 2665-1564

DOI: XXXXXXX

© Universidad El Bosque

© Editorial Universidad El Bosque

© Hernán Felipe Guillén Burgos

© Bertha Lucía Mora Quiñones

© Sandra Paola Mondragón Bohórquez

© Lina María Parra Sepúlveda

© Yisel Pinillos Patiño

© Luzmila Quinto Moya

© Claudia Elena Sánchez Amorochó

© Diana Marcela Walteros Acero

Rectora: María Clara Rangel Galvis

Vicerrector de Investigaciones: Gustavo Silva Carrero

Editor Universidad El Bosque: Miller Alejandro Gallego C.

Hecho en Bogotá D. C., Colombia

Vicerrectoría de Investigaciones

Editorial Universidad El Bosque

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

(601) 648 9000, ext. 1452

editorial@unbosque.edu.co

www.investigaciones.unbosque.edu.co/editorial

Coordinación editorial y corrección de estilo:

Dayan Garzón Martínez

Dirección gráfica y diseño: María Camila Prieto A.

Junio de 2022

Bogotá, Colombia

Universidad El Bosque | Vigilada Mineducación.

Reconocimiento como universidad: Resolución n.º

327 del 5 de febrero de 1997, MEN. Reconocimiento

de personería jurídica: Resolución 11153 del 4 de

agosto de 1978, MEN. Reacreditación institucional

de alta calidad: Resolución n.º 013172 del 17 de ju-

lio 2020, MEN.

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



WA20.5 M37m

Metodologías y herramientas de investigación en complejidad para pensar la salud / Hernán Felipe Guillén Burgos [y otros siete autores]; editor Miller Alejandro Gallego. -- Bogotá (Colombia); Universidad El Bosque, 2022.

En: Investigaciones en Complejidad en Salud Año (4, no. 17, mayo-junio 2022). Incluye tabla de contenido y referencias bibliográficas.

ISSN: 2665-1564

1. Salud pública--investigaciones 2. Metodología de la investigación 3. Metodología en salud pública 4. Salud pública. -- I. Universidad El Bosque. Grupo de Investigaciones en Complejidad y Salud Pública II. Mora Quiñones, Bertha Lucía III. Mondragón Bohórquez, Sandra Paola IV. Parra Sepúlveda, Lina María V. Pinillos Patiño, Yisel VI. Quinto Moya, Luzmila VII. Sánchez Amorochó, Claudia Elena VIII. Walteros Acero, Diana Marcela IX. Guillén Burgos, Hernán Felipe.

Fuente. SCDD 23ª ed. – Universidad El Bosque.
Biblioteca Juan Roa Vásquez
(septiembre de 2022) – GH

Contenido

1	Cambiar las estructuras mentales para crear ciencia	Pág. 6
	1.1. Las revoluciones científicas impulsan la transformación de pensamiento para hacer verdadera ciencia	Pág. 10
	1.2. La buena ciencia como un ejercicio de rebeldía	Pág. 14
	1.3. La interacción entre educación y ciencia: una oportunidad para aprender y desaprender	Pág. 17
	1.4. La capacidad de apuesta para hacer ciencia e investigación	Pág. 18
	1.5. Conclusiones	Pág. 19
2	Renunciar a los conceptos fijos: un primer paso para pensar en salud	Pág. 22
	2.1. Reflexión crítica sobre la calidad de los artículos científicos	Pág. 24
	2.2. Pensar en la salud, y no en la enfermedad: un análisis en el marco de la complejidad	Pág. 28
	2.3. Trasformar la educación desde la perspectiva de la complejidad	Pág. 31
	2.4. Conclusiones	Pág. 34
3	Interdisciplinariedad, complejidad y adversidad: tres componentes de los modelos científicos	Pág. 36
	3.1. Modelos científicos y complejidad	Pág. 40
	3.2. Conclusiones	Pág. 43
4	Resolver problemas complejos a través de la metaheurística: un aporte a la ciencia	Pág. 46
	4.1. En busca de los problemas complejos	Pág. 48
	4.2. Los problemas complejos y las metaheurísticas	Pág. 51
	4.3. Conclusiones	Pág. 58

1.

**Cambiar
las estructuras mentales
para crear ciencia**

De acuerdo con Olivé (2013), la ciencia requiere que sus hallazgos sean divulgados entre los grupos que se especializan en diversas disciplinas. La mejor forma de hacerlo es mediante la producción de literatura de alta divulgación, es decir, de literatura científica. A causa de lo anterior, las autoridades educativas comenzaron a dialogar acerca de la premisa de los doctorados, que tienen el propósito de formar investigadores y, por lo tanto, facilitan el acceso a canales, tales como: la escritura, que es el más importante.

Para fortalecer la capacidad crítica y la producción escrita, los docentes decidieron emplear una de las metodologías más útiles: el Seminario Alemán. Según Hoyos (1988), “Este es considerado como una práctica pedagógica en la cual se enseña investigando y se investiga enseñando” (p. 44). En ese sentido, todos los miembros de la clase pueden educar y aprender a la vez. Lo anterior implica una alta exigencia en la preparación de las sesiones, una búsqueda personal de información y el desarrollo de aportes originales.

Aunque el objetivo inicial de este seminario es realizar un análisis profundo de las obras determinadas con antelación, la intención no es que los estudiantes se aprendan de memoria lo que dice el texto. Antes bien, la idea es que expongan sus interpretaciones y, además, pongan sobre la mesa sus cuestionamientos y contraargumentos. Para alcanzar este propósito, es determinante que todos los participantes del seminario conozcan con anterioridad la relatoría y la correlatoría.

Cabe señalar que el Seminario es un espacio de construcción colectiva, pues los estudiantes pueden debatir o confrontar los argumentos de sus maestros y sus pares. En otras palabras, el aula se convierte en un lugar para compartir y escuchar diferentes puntos de vista. Está compuesto por tres elementos: la relatoría, la correlatoría y el protocolo.

La relatoría es un texto a partir del cual busca provocarse una discusión sobre el tema o la lectura correspondiente a una sesión. Por esta razón, los estudiantes deben preparar con antelación sus reflexiones, interpretaciones y cuestionamientos. No es un resumen, sino un informe acerca de su lectura. Para los maestros, los educandos pueden hacer énfasis en los asuntos problemáticos gracias a la relatoría.

La idea es que los estudiantes hagan un aporte novedoso mediante la lectura crítica, el planteamiento de interrogantes y la concepción de interpretaciones globales o parciales de la obra correspondiente a la sesión. En cualquier caso, la relatoría no es un texto expositivo o descriptivo, sino crítico y propositivo. Por esta razón, es importante sustentar los puntos de vista con argumentos (Sánchez, 2016).

El primer tercio de la relatoría debe estar constituido por elementos analíticos que se identifiquen con la tesis del autor, el problema y los argumentos que la sustentan. Los otros dos tercios del documento tienen que expresar los pensamientos, las creencias y los argumentos del relator, quien se apoya en diversos textos para realizar una reflexión acerca de la tesis. La relatoría puede concordar o discrepar con los razonamientos expuestos en la obra.

La correlatoría es un texto semejante a la relatoría. Sin embargo, no solo busca destacar los conceptos más relevantes, sino también los aportes que están a favor o en contra de la tesis del relator. La función de la correlatoría consiste en propiciar un diálogo sobre una lectura común. En suma, el seminario se enriquece a partir de otras perspectivas o puntos de vista.

El protocolo, por su parte, permite registrar las discusiones que se desencadenan durante las sesiones. Este testimonio resalta los aspectos más importantes del seminario. Aunque es un registro escrito, no puede considerarse como un acta, pues recopila las líneas de argumentación,

los problemas y las preguntas realizadas a lo largo del encuentro. Cabe señalar que se caracteriza por ser selectivo, concreto, fluido y comprensible.

Gracias a su estructura, los profesores pudieron usar el Seminario Alemán (SAI), que es una metodología de investigación, en sus clases. Este método fue esencial porque permitió que se estableciera una discusión en torno a las transformaciones de las estructuras mentales. Conviene mencionar que el SAI es una metodología orientada a la producción de textos escritos. Sin embargo, un escrito que entra al SAI no está completamente terminado¹.

1.1. Las revoluciones científicas que impulsan la transformación del pensamiento para hacer verdadera ciencia

Aunque existen varios tipos de racionalidad, es necesario destacar dos: el primero engloba el denominado pensamiento primitivo, pensamiento que se relaciona con el mito, la religión y el sentido común, y el segundo es importante porque satisface las exigencias intelectuales y las necesidades de los individuos, de acuerdo con Florián (2009).

Cabe señalar que no hay un criterio intrínseco, lógico, metodológico, semántico o heurístico para definir si una racionalidad es más destacada que otra. Pese a lo anterior, tenemos claro que son sus consecuencias las que las hacen sobresalir.

Para comprender los alcances y los esquemas mentales de la primera revolución científica, es imperioso aclarar que: primero, esta hace referencia a la ciencia moderna y segundo, surge de una corriente del pensamiento occidental que se basa en la síntesis de Atenas, Roma y Jerusalén. Esta aborda la salud desde la perspectiva de la enfer-

medad y la muerte. Por eso, nos invita a pensarlas como un proceso, un flujo y una dinámica (Maldonado, 2019).

En la Edad Media existió una *scientia* que denominaron como ciencia magna o racional. Esta *scientia*, que era teologal, se dividió en tres capítulos: la psicología racional, la teología racional y la cosmología racional. Cabe señalar que estos encontraron apoyo en el pensamiento deductivo.

El concepto de ciencia moderna surgió cuando terminó el Renacimiento y comenzó la modernidad. A esta también se le conoce como ciencia clásica o normal. Sus precursores fueron Galileo, Descartes y Newton, quien llevó el concepto de ciencia clásica hasta la cúpula. Gracias a su emersión, la mecánica estadística pudo otorgarle una mayor amplitud y una mejor comprensión a la mecánica clásica.

La ciencia moderna fue, históricamente hablando, el resultado de una serie de transformaciones sociales, transformaciones que fueron desencadenadas por la burguesía². Esta clase social se dedicó al comercio, rechazó al clero y a la nobleza e igualmente, desarrolló un lenguaje a través del cortejo³.

La primera revolución científica surgió en los siglos XVI y XVII. Cabe señalar que se proyectó hasta 1905. En este contexto se abordó la concepción mecanicista del cuerpo humano y, además, nació la medicina científica y la fisiología. Los conceptos de masa y materia, que aparecieron en el siglo XVIII, pudieron comprenderse gracias a que el interés se centró en las cosas que se podían percibir por

² Esta se deriva de la palabra *bourgeoisie*. Cabe señalar que la emplearon, por primera vez, en la Toscana.

³ Su principal fuente económica era el comercio. La burguesía mercantil logró que los individuos solo hablaran del mundo material o tangible.

los sentidos. La primera revolución científica se basó en el primado de la percepción natural para observar el mundo (Maldonado, 2018). En el siglo xx se desarrolló el método inductivo, que es una forma de razonamiento en la que la verdad de las premisas secunda la conclusión.

Esta revolución de la ciencia se relacionó con el desarrollo del capitalismo y la globalización. El sistema de pensamiento burgués tuvo una serie de etapas, tales como: el capitalismo comercial, que es una acción mediante la cual dos agentes económicos intercambian dinero o bienes materiales; el capitalismo industrial, que se caracteriza por generar ingresos mediante actividades industriales; el capitalismo financiero, que une el capital financiero y el bancario; y el capitalismo informacional, que introduce las tecnologías de la información en la vida (Rieznik, 2001).

Es importante destacar que cada época desarrolla la ciencia que puede y necesita. En otras palabras, su surgimiento es el resultado de intereses particulares. La primera revolución científica recibió esa denominación porque permitió el tránsito de un modelo geocéntrico a uno heliocéntrico. Es decir, emplearon el término de revolución científica, debido a que la ciencia moderna generó un cambio en la cosmovisión y la realidad de los seres humanos (Kuhn, 2004). Bajo esta perspectiva, la ciencia normal no aborda la salud, sino la enfermedad. Lo anterior se debe a que la salud no puede divisarse a través de los sentidos⁴.

Por otra parte, para pensar en la salud, es importante considerar el concepto de vida que fue abordado por Schrödinger en 1944. De acuerdo con Maldonado y Sandoval (2019), la salud se considera como:

⁴ Es la base de la estructura mental de esta revolución científica (Olive, 2013).

La condición que nos permite asumir y desplegar nuestra vitalidad de forma absoluta, incluso, en numerosas ocasiones, a pesar de la enfermedad misma. Querernos sanos y vivir en la salud es, al fin y al cabo, una sola y misma cosa con saber vivir, con vivir bien, en fin, sin más, con la alegría misma del vivir. (p. 37)

Desde esta mirada, pensar en la vida implica pensar en la complejidad. Por lo tanto, la base para reflexionar sobre la salud y la existencia la proporcionan las ciencias de la complejidad. Según Almeida-Filho (2006), las *scientias* de la complejidad deben ser consideradas como un paradigma novedoso, debido a que abordan las interacciones y los intercambios de información acaecidos en la naturaleza, la sociedad y la historia. Cabe señalar que las ciencias de la complejidad se apoyan en ejes, tales como: el caos, la no linealidad, los sistemas dinámicos y la teoría de redes.

De acuerdo con el razonamiento de Kuhn, que aborda la *scientia* revolucionaria, debe llevarse a cabo una reflexión sobre lo difícil que es hacer ciencia. Para producirla, es necesario descubrir lo que nadie ha descubierto, inventar lo que nadie ha inventado y pensar en lo que nadie ha pensado. La ciencia, por lo tanto, requiere que los sujetos tengan una fuerte capacidad de apuesta y, además, asuman riesgos. Lo anterior exige que se lleve a cabo un ejercicio consciente de escritura y de socialización, ya que esta no se realiza con base en acuerdos, pactos y consensos. Antes bien, las causas de su nacimiento fueron los debates, los desacuerdos, los argumentos, los contraargumentos y las conjeturas, según Maldonado (2019).

1.2. La buena ciencia como un ejercicio de rebeldía

La tesis del artículo escrito por Maldonado (2019c) se centra en explicar la ciencia como un acto de emancipación, un acto que no es desarrollista, positivista y eficientista. Por esta razón, exhorta a los sujetos a abandonar los paradigmas preestablecidos. Un buen investigador piensa con plena libertad y autonomía, es decir, sin limitaciones o conflictos de interés.

La realidad, sin embargo, expone otro panorama. Actualmente, el investigador desdeña el criterio de otras personas al promover la defensa de su estatus, su opinión y su ego. No asume riesgos y tampoco posee autonomía. Está sujeto a la validación de las juntas directivas, los patrocinadores y los grupos carentes de idoneidad, grupos que, a su vez, financian su investigación.

A causa de lo anterior, el investigador se desmotiva y presenta resultados que son bastante convenientes para quienes lo escuchan. La investigación no es el producto final de un proceso intelectual o académico. Por ende, los beneficiados no son la sociedad ni el mundo, sino el mercado y los clientes.

Cuando la ciencia es entendida como un acto de rebelión, se fundamenta en cuatro postulados: primero, la educación científica y tecnológica debe caracterizarse por su naturaleza indómita; segundo, la *scientia* es un estilo de vida; tercero, hacer ciencia es arriesgado y desafiante y cuarto, es importante que los individuos expongan sus puntos de vista y escuchen los de los demás.

Es importante reflexionar acerca de la forma cómo los docentes asumen la educación. En la actualidad, las prácticas educativas deben tender a formar personas más conscientes, más libres y más humanas. Si el maestro siente amor y devoción por su oficio, hará todo lo posible por

darle un nuevo sentido a sus propuestas y su praxis. La educación liberadora genera en los estudiantes un impulso por aprender, además, provoca transformaciones en sus estructuras mentales.

En la educación liberadora, los alumnos son considerados como sujetos estratégicos, debido a que desempeñan un papel sustancial en el proceso de enseñanza-aprendizaje-enseñanza. Por esta razón, los maestros se plantean los siguientes objetivos: estimular el gusto por la rebeldía, fomentar la creatividad y la imaginación, fortalecer el pensamiento crítico, etc. En este caso, los propósitos referidos son superiores a las competencias y a las habilidades en las cuales se centra la educación opresora o bancaria.

Por otra parte, es necesario que quienes pretenden hacer verdadera ciencia exploten las habilidades anteriormente mencionadas. Sin embargo, también es relevante que le saquen partido a la ironía, al sarcasmo y a la conciencia reflexiva. De acuerdo con Roberts (2013), como nadie ha descubierto nada en sus trabajos, puede concluirse que todos los grandes descubrimientos en la investigación suceden por azar. La *scientia* emancipadora permite que los investigadores expresen su opinión y, además, se liberen de la coacción ejercida por las amarras opresoras. A causa de esto, la ciencia liberadora se convierte en la fuerza para generar conocimiento a través de los avances científicos.

Conviene subrayar que debe emprenderse una lucha contra el capitalismo académico, debido a que: impide que los investigadores hagan buena ciencia, incentiva la competencia desaprensiva entre los investigadores, promueve la explotación de las publicaciones, preserva las barreras que impiden el acceso a la información, favorece el deterioro de la calidad educativa y la financiación de investigaciones que responden a los intereses particulares del patrocinador.

Como se mencionó anteriormente, hacer buena ciencia es un acto riesgoso y desafiante. En la actualidad, una

gran cuantía de científicos no tiene miedo de enfrentarse al sistema, a las instituciones y a las posturas conceptuales preexistentes. Un buen científico siente afán por generar conocimiento y, por esta razón, asume el riesgo de perder su credibilidad, su familia, su trabajo y su prestigio. Según Maldonado (2019), los investigadores revolucionarios se caracterizan por: tener una gran confianza en sí mismos, rehusarse a aceptar los preceptos de la ciencia normal, hegemónica e institucionalizada, tener una carga laboral descomunal y sentir una devoción ciclópea por la investigación.

La buena ciencia no se basa en acuerdos preestablecidos ni en consensos. Por esta razón, es importante que los científicos sostengan conversaciones con sus pares, es decir, expongan con total libertad sus argumentos y contraargumentos. Lo anterior permitirá que sus conocimientos lleguen a despojarse de lo innecesario, lo inconveniente o lo superfluo.

Esta *scientia* transforma al investigador, pues lo impulsa a ser más consciente, más libre y más humano. La ciencia, así como la vida, lo hace devenir de manera constante. Los científicos rebeldes son capaces de hacer buena ciencia porque: primero, están dispuestos a comprender la vida, el mundo y la sociedad de una forma diferente; segundo, no se niegan a adoptar otra concepción de la existencia; tercero, buscan mantenerse actualizados; cuarto, trabajan en equipo; quinto, tienen hambre de conocimiento; sexto, reflexionan constantemente sobre los conflictos que emergen a diario, y séptimo, plantean soluciones a las problemáticas surgidas mediante el desarrollo de un ejercicio sin límites ni presiones.

1.3. La interacción entre la educación y la ciencia: una oportunidad para aprender y desaprender

El proceso de aprendizaje es constante, infinito y progresivo. Cuando los estudiantes son considerados como sujetos activos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, perciben y fortalecen el aspecto dinámico de la educación. Cabe señalar que esto los motiva a aprender y desaprender.

La enseñanza debe fijarse como propósitos: primero, la formación de alumnos curiosos y segundo, el reconocimiento del carácter intencional de la conciencia. A causa del desarrollo del pensamiento crítico y de la consideración de la educación como un proceso dialéctico y dialógico, los individuos tienen la posibilidad de reflexionar por sí mismos sobre los problemas que emergen en los contextos donde interactúan (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018).

En el campo educativo, la indagación científica sirve como un medio para que los estudiantes construyan su propio conocimiento, reflexionen sobre los saberes aprehendidos y obtengan una mayor comprensión de la realidad. Es vital centrar la atención en la relación que tienen la educación y la ciencia e igualmente, en el reconocimiento de los conflictos a los cuales se enfrenta el proceso educativo en la actualidad.

Por otra parte, la ciencia emancipadora pretende: primero, problematizar la vida a partir de diferentes enfoques y segundo, proponer posibles soluciones. Lo anterior demanda una integración crítica y reflexiva entre los métodos científicos y las necesidades del entramado social.

La buena educación debe suscitar alegría. Sin embargo, el sistema educativo no se ocupa de desarrollar ni de estimular la inteligencia emocional. Para los maestros es irrelevante el hecho de que los estudiantes aprendan a distinguir y a gestionar sus emociones.

La educación bancaria adolece de alegría y, en consecuencia, la ciencia carece de pasión. Es necesario que los procesos de enseñanza y aprendizaje sean impartidos con entusiasmo. Así, los maestros podrán desarrollar en los estudiantes un pensamiento crítico, emancipador, creativo, abierto al cambio y al diálogo permanente. Como se mencionó anteriormente, la educación problematizadora no busca alienar, constreñir o adoctrinar a los sujetos; antes bien, pretende formar personas autónomas, responsables y comprometidas, personas capaces de escuchar y aceptar que existen puntos de vista semejantes o disímiles a los suyos (Freire, 2004).

Conforme lo mencionado anteriormente, para formar hombres de ciencia, los maestros tienen que asumir un reto enorme: oponerse a los dogmas inflexibles, dogmas que no solo buscan estandarizar y unificar el conocimiento, sino también alienar, dominar e impedir que los individuos expresen su opinión sin miedo a las represalias (Dyson, 2005).

1.4. La capacidad de apuesta para hacer ciencia e investigación

La investigación es un estilo de vida que está ligado a dos capacidades: identificar problemas y transformar la sociedad, la ciencia y el mundo. Cabe señalar que conlleva a pensar en cosas que no se habían pensado o a hacer descubrimientos que han incrementado significativamente los conocimientos sobre una materia determinada.

Como se mencionó anteriormente, el investigador posee un gran compromiso, compromiso que lo conduce a sacrificar bienes tan preciados como el tiempo, la salud, la familia y el dinero. La investigación es un oficio que implica desmesura, pérdida del miedo, devoción y pasión. En este sentido, para hacer ciencia, el investigador tendrá que hacer

tres tipos de inversiones: primero, de alto riesgo, segundo, a fondo perdido y tercero, a largo plazo. Según la visión moderna de la *scientia*, la investigación radical no resulta ser eficiente, pues se invierte demasiado tiempo, dinero y recursos en espera de un resultado que no es seguro.

A diferencia de la lúdica, la investigación lleva a otro extremo a quien la desarrolla, pues representa sacrificio, angustia y ensimismamiento. Por lo tanto, lo que está en juego es la vida misma. La investigación nunca termina, así que el investigador no tendrá más remedio que preservar su carácter compulsivo. En suma, su inversión personal, intelectual y emocional es tan alta que parece absorberle hasta las entrañas.

1.5. Conclusiones

La ciencia debe ser vista como un proceso de liberación o un acto emancipatorio. Esta visión es opuesta a la positivista y eficientista. El aprendizaje científico busca formar gente adversa a los dogmas, a las doctrinas y a la mediocridad. Su propósito permite trazar una distinción entre la *scientia* y la buena ciencia.

La buena ciencia sabe de escepticismo, incertidumbre y riesgo. Además, es una apuesta radical y desafiante por la innovación. La mayoría de los investigadores solo se dedica a hacer la tarea. Cabe señalar que el estado de inercia debe ser reemplazado por el desarrollo de un pensamiento autónomo, crítico y problematizador.

Los *Homo sapiens* viven en una época donde se le da mayor valor al sentido de pertenencia, a la lealtad y a la mentalidad corporativa. Por esta razón, se castiga a quienes son autónomos, rebeldes y librepensadores. Cabe señalar que la rebeldía es el primer paso para la emancipación.

La investigación radical invita a pensar en cosas que no se han pensado, a descubrir cosas que no se han descubierto, a inventar cosas que no se han inventado. En este tipo de investigación, los científicos se caracterizan por estar fuera de los estándares y atreverse a razonar de una manera completamente distinta.

La investigación científica puede entenderse como: primero, un juego de libertad; segundo, una apuesta arriesgada y tercero, un ejercicio desafiante. En los tres casos, los investigadores deben ser capaces de apostar, innovar y expandir el conocimiento.

Los científicos convierten la investigación en su pasión y su estilo de vida. Esto los lleva a asumir riesgos y a apostarle a los resultados, aun cuando no tengan certezas. Como se oponen a los dogmas, a los paradigmas y a los intereses particulares, se arriesgan a perder bienes de gran valor.

Por otra parte, es importante: primero, ampliar las referencias bibliográficas en las relatorías y las correlatorías y segundo, reconocer las diferencias entre la elaboración de un ensayo y de un artículo científico. Cabe señalar que el primero es más argumentativo y el segundo tiene un alto componente analítico, reflexivo y subjetivo.

Al finalizar los encuentros, los estudiantes presentan un *paper* científico. Los argumentos tienen que guardar una relación con los temas planteados en la tesis doctoral.

2.

**Renunciar a los
conceptos fijos:
un primer paso
para pensar
en la salud**

Estos son algunos de los conceptos que se tratarán a lo largo de este documento: pensar en la salud, y no en la enfermedad, publicar o morir, indisciplinar la sociedad, correr las barreras del conocimiento y medir la ciencia con indicadores cuantitativos y cualitativos.

2.1. Reflexión crítica sobre la calidad de los artículos científicos

En la actualidad se usan los índices bibliométricos como parámetros para evaluar la calidad de los artículos de investigación emergentes. Según Maldonado (2016), esta es una consecuencia del mercado global.

A finales del siglo xx, con el nacimiento de la cienciometría, comenzó a hacerse una medición cuantitativa de la ciencia. Cabe señalar que esta *scientia* se enriqueció gracias a la sociedad de la información. A causa de la sociedad red y de la tecnología convergente, la cienciometría ha perdurado hasta la Edad Contemporánea. Por lo demás, hay que decir que las tecnologías NBIC+S son una sinergia entre la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de la información y del conocimiento. La última aborda la dimensión social de las tecnologías y del saber⁵.

Esta destaca su correlación con las matemáticas y el papel de los indicadores en la medición de la ciencia. Cabe señalar que ha tenido un papel determinante en el desarrollo de la infometría, la bibliometría y la cienciometría, que son las ciencias de la información (Ramis y Rina, 2007).

La infometría es una disciplina que estudia el registro, el procesamiento, la socialización y la distribución de las fuentes de información documental y no documental.

⁵ Las tecnologías de la información y el conocimiento son propias de la cibercultura.

La bibliometría no solo mide los aspectos cuantitativos de la producción y del uso de la información, sino también de la organización y de la dirección de las bibliotecas. La ciencia-metría permite calcular cuál es el impacto de la ciencia y de sus productos en la sociedad (Ramis y Rina, 2007).

Uno de los métodos creados para realizar la valoración cuantitativa de las publicaciones científicas es el índice H, que fue propuesto por Jorge Hirsch en el 2005. Es una métrica que permite calcular los parámetros de productividad y el impacto de las citas. Cuando el número de artículos importantes de un autor aumenta, el índice H se incrementa.

Este índice cuenta con tres escalas: la primera es una herramienta conocida como *Journal Citation Reports* (JCR); la segunda es una base de datos denominada Scopus y la tercera es un motor de búsqueda nominado Google Scholar. El último se caracteriza por ser el más incluyente, pues no solo tiene en cuenta los artículos publicados en revistas JCR o en Scopus, sino también los capítulos de los libros y los productos surgidos de la socialización del conocimiento, que, por lo demás, son de un calibre menor (Maldonado y Pérez, 2018b).

El índice H es un requisito para ejercer la docencia universitaria. Sin embargo, también puede considerarse como la carta de presentación de los conferencistas. Algunos señalan que sin esta métrica es imposible que los gremios científicos presenten una candidatura al Premio Nobel. Solo tiene el privilegio de postularse o ser postulado el autor que posea un índice superior a 40⁶.

⁶ Téllez et al. (2013) publicaron el primer estudio sobre el índice H y las revistas latinoamericanas. Los autores concluyeron que era el mejor indicador porque había permitido generar un *ranking*.

Pese a lo anterior, existe un debate internacional sobre el índice H y las métricas en ciencia. Cabe señalar que el debate fue promovido por dos manifiestos: el de San Francisco y Leiden. El primero es conocido como La Declaración de San Francisco sobre la Evaluación de la Investigación (DORA). Fue el resultado de una reacción contra la forma de evaluar la productividad de los investigadores y el uso generalizado o acrítico del factor de impacto (Thomson Reuters). Es, por esta razón, que le hicieron algunas recomendaciones a los actores que intervienen en el proceso de investigación, es decir, a los financiadores, las instituciones universitarias, los centros de investigación, las editoriales, los científicos y las organizaciones que manejan las métricas.

Por su parte, el manifiesto de Leiden, que es sobre las métricas de investigación, estableció diez principios que promueven la adecuada evaluación de la calidad investigativa. Estos principios buscan: primero, mantener la correlación entre la evaluación cuantitativa y la cualitativa; segundo, garantizar la excelencia de la investigación local; tercero, someter a verificación los datos aportados por la investigación; cuarto, recopilar y analizar los datos como un proceso abierto, simple y transparente; quinto, llevar a cabo una evaluación cualitativa del portafolio de cada investigador; sexto, rechazar la falta de precisión; séptimo, reconocer los efectos sistémicos de la evaluación y de los indicadores y octavo, actualizar permanentemente los indicadores (Hicks & Wouters, 2005).

En la actualidad, los investigadores se enfrentan a un reto: publicar o morir. Por ejemplo, el editor de *Annals of Internal Medicine* buscó a Carmine Finelli para que evaluara un artículo. Sin embargo, la investigadora italiana tomó la decisión de hacerse pasar por la autora y publicarlo en otra revista (Dansinger, 2017).

El plagio fue un tema que impulsó la creación de blogs. Hay dos que se destacan: el primero se llama *Retrac-*

tion Watch. Sus creadores reiteran que es un tipo de fraude motivado por la avaricia intelectual. Además, exponen que es un delito cometido por los investigadores, las editoriales y los financiadores. El segundo es conocido como *Science Generator*. Las personas que lo gestionan escriben artículos de manera automática, es decir, sin rigor científico. Sirva de ejemplo la presentación del sitio web.

SCIgen es un programa que genera artículos de investigación aleatorios... que incluyen gráficos, figuras y citas. Utiliza una gramática libre de contexto escrita a mano para formar todos los elementos de los artículos. Nuestro objetivo aquí es maximizar la diversión, en lugar de la coherencia. (Stribling et al., 2005, párr. 1)

Cuando se aborda el tema de la investigación en Europa y en Latinoamérica, se destaca la ejecución de Horizonte 2020, que es un programa de investigación e innovación puesto en marcha por la Comisión Europea. Con este plan estratégico, buscan lograr que el acceso a las fuentes bibliográficas sea de libre acceso, es decir, gratuito.

En Latinoamérica, el plan ha tenido un desarrollo más pausado. Cabe señalar que se ha convertido en un escenario empleado para avanzar en el ámbito científico y el tecnológico. La Región no solo es consumidora, sino generadora de portales locales de artículos de investigación, como es el caso de SciELO.

Sin embargo, el horizonte es sombrío para las publicaciones locales. Lo anterior no solo se debe a que una alta proporción es publicada en inglés, sino también a que algunos tópicos tratados en estas latitudes no son relevantes en el panorama internacional. Este aspecto pone en riesgo la financiación de la investigación. Por otro lado, hay que hacer mención de las barreras que no permiten acceder li-

brememente al conocimiento científico. De hecho, se trata de involucrar el criterio de acceso abierto en las métricas. Es una solución propuesta, además, en la Declaración de Budapest (Maldonado, 2018b).

Así como otras entidades, La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) han sugerido que, para determinar el impacto de la producción científica y la tecnología, es necesario calcular cuál es la inversión en investigación, identificar el recurso humano que aporta a la ciencia y definir las políticas de internacionalización, cooperación científica y transferencia tecnológica (UNESCO, 2005).

En la investigación, el uso de las métricas es imprescindible; sin embargo, para que pueda aplicarse en nuestro medio, es necesario que: primero, hagan ajustes acordes con la temática local tratada; segundo, le den importancia al acceso global a la información, que, por supuesto, incluye el carácter científico, y tercero, profundicen en la formación ética y humanista de los investigadores y de todos los actores que intervienen en el proceso. Lo anterior evitará el plagio y las conductas adversas.

2.2. Pensar en la salud, y no en la enfermedad: un análisis en el marco de la complejidad

Son varios los momentos que han permitido el desarrollo de los conceptos de salud y de enfermedad. Sin embargo, se destacan los siguientes: el primero es el resultado de la revolución científica y sus tres fases, fases que incluyen la concepción mecanicista del cuerpo humano, la mecánica clásica, la termodinámica e igualmente, la idea de la acción y la reacción; el segundo se origina gracias a la cuántica. Se enfoca tanto en los fenómenos como en los comportamien-

tos macroscópicos y microscópicos. Esto lo hace a partir de cinco ejes: la física, la biología, la química, la tecnología y las ciencias sociales cuánticas; y el tercero, se centra en la salud. Por eso abarca conceptos, tales como: la ciencia moderna, la ciencia cuántica y la ciencia de la información.

En este punto es importante resaltar el texto de Roeder, quien planteó que: “En verdad, lo mejor que hacen los sistemas vivos para vivir es procesar información. Esto es, leer el entorno, interpretar el mundo circundante, adaptarse e introducir consiguientemente en el entorno algo que no existía anteriormente. Nueva información” (como se citó en Maldonado, 2018c).

Ahora bien, la relación entre la información, la salud y la enfermedad puede considerarse a partir de los planteamientos de Roeder, quien dijo lo siguiente respecto al tema en cuestión: “La tradición cultural fue sembrada en la enfermedad y no logró, visto con los ojos del pasado, saber de salud” (como se citó en Maldonado, 2018c).

La evolución científica avanzó a la par de la Revolución Industrial. Esta última no solo propició un cambio radical en el estilo de vida, sino también en los sistemas de organización social y laboral. Cabe señalar que estas transformaciones se desarrollaron en cuatro momentos: el primero tuvo relación con el nacimiento de la termodinámica, es decir, la ciencia de la energía; el segundo llegó a entrelazarse con la producción en serie, producción que le otorgó primacía a la eficacia y a la eficiencia; el tercero representó la introducción social y cultural del Internet, introducción que permitió ampliar la comunicación y el conocimiento; y el cuarto dispuso las condiciones para pensar en la salud. Es importante mencionar que se conexió con la síntesis entre la dimensión física, biológica y digital (Maldonado, 2018c).

Para hablar sobre la salud, es preciso: primero, dejar de referirse al “yo”; segundo, superar las barreras disciplinarias y tercero, lograr su unificación. Pensar en la salud no

es una tarea fácil, ya que quienes lo hacen deben dejar de considerarla como un concepto específicamente humano. La salud involucra diversos procesos, además, de dinámicas complejas, dinámicas cuyos componentes son biológicos, sociales, culturales e históricos.

Maldonado (2016) expone seis tesis que abordan el concepto de salud a la luz de la teoría de la complejidad. En la primera plantea que esta debe ser considerada como un sistema complejo, y no lineal. También destaca que la salud está integrada por componentes biológicos, culturales, sociales e históricos; en la segunda manifiesta que la salud es un sistema discreto, es decir, discontinuo; en la tercera la presenta como una experiencia y una característica inherente a los individuos; en la cuarta hace referencia a la importancia de escuchar el cuerpo, que habla de manera permanente y, además, refleja los pensamientos y las emociones de las personas; en la quinta trae a colación el término de sanología, es decir, la acción de abarcar de manera holística todas las esferas del ser humano (lo social, lo interrelacional y lo externo); y en la sexta menciona que el concepto de salud no tiene que ser comprendido solo por el de la enfermedad.

Por otra parte, las revoluciones científicas han logrado que se repiense la salud pública. Es importante que se reevalúe su afán por predecir los comportamientos y por evitar a toda costa la aparición de enfermedades. Debe centrar sus fuerzas en entender y asumir que: primero, la salud involucra fenómenos que trascienden el plano antropocéntrico; segundo, involucra a los organismos que no se ciñen a interacciones lineales o mecánicas, sino que, por el contrario, establecen relaciones de coevolución y codependencia (Galvis, 2019).

2.3. Transformar la educación desde la perspectiva de la complejidad

La civilización occidental siempre ha considerado a la educación como una disciplina, es decir, una estructura piramidal que fundamenta el conocimiento en dos doctrinas: el exoterismo y el esoterismo. La primera se enfoca en la sociedad y la segunda en lograr que la humanidad alcance el verdadero conocimiento. En cualquier caso, la educación es el pilar para el desarrollo humano, el desarrollo social y el bienestar de la humanidad.

Con el inicio de la modernidad, que fue en el siglo xvii, comenzaron a crearse academias científicas. Esto llegó a ser un factor determinante para la organización y la disciplinarización del conocimiento. La universidad se estructuró en áreas y carreras. De ahí que el saber se hiciera cada vez más especializado. Lo anterior dio lugar a dos tipos de educación: la primera está dirigida a la élite y por eso es excluyente y la segunda tiene un carácter democrático, es decir, busca que todos los individuos tengan las mismas oportunidades educativas.

A partir del siglo xix surgió la idea de una educación orientada hacia el trabajo. Por eso comenzaron a considerar cuál era el tipo de hombre y de sociedad que querían formar. También relievieron la importancia de impartir una educación que potenciara el desarrollo humano. A causa de lo anterior, decidieron emplear el aprendizaje significativo, aprendizaje que favorece una relación armónica entre el saber, el hacer y el ser de los estudiantes (Ospina, 2008).

También surgieron disciplinas teóricas, tales como: el positivismo, que tiene por objeto estudiar el conocimiento científico y sus procedimientos. Los positivistas sostienen que el único camino para adquirir conocimiento es el método científico. Es decir, consideran que la razón es la única fuente del saber y de la realidad (Ramis y Rina, 2004).

El conocimiento no solo se logra a través de un diálogo entre diferentes disciplinas. Es decir, también es el resultado de una formación que no pretende adoctrinar, disciplinar o adiestrar a la sociedad. Graff (2015) plantea que es posible construir puentes y echar abajo las barreras entre los diversos campos del conocimiento. Lo anterior es posible, siempre y cuando se lleven a cabo tres movimientos: primero, desinstitucionalizar los valores y prevenir la desescolarización; segundo, dejar claro que el aprendizaje carece de cualquier utilidad y tercero, destacar que las ciencias sociales deben comprenderse en función de equilibrios dinámicos, desequilibrios o equilibrios puntuados. A pesar de ser diferentes, pretenden esclarecer que los fenómenos tienen lugar en el filo del caos (Maldonado, 2017a).

Los conceptos tradicionales son desplazados. De ahí que comience a considerarse la educación como un triángulo conformado por las neurociencias, las ciencias del comportamiento y la formación práctica y metodológica. En la actualidad, los objetivos principales son: transformar los comportamientos de los individuos y emplear un proceso de enseñanza y aprendizaje que esté orientado al desarrollo de competencias.

La disciplinarización del conocimiento conlleva al fraccionamiento de la realidad. Esto limita la capacidad para comprender y actuar sobre el mundo. Por su parte, la indisciplinarización del conocimiento logra que los individuos desarrollen su propio criterio.

Tener la capacidad de valorar por sí mismo las cosas, los actos y las situaciones es una necesidad específica humana, de particular relieve en el mundo de hoy en el que tantas posibilidades y riesgos cercan al hombre. Quienes no tienen una visión propia de las personas y acontecimientos que pueden surgir, están siempre pendientes de la

opinión de los demás por carecer de los recursos mentales propios. (García, 1987, p. 67)

La educación compleja no se refiere específicamente a las ciencias de la complejidad. Con este tipo de formación, los maestros buscan: indisciplinar el conocimiento, formar seres humanos con criterio propio, implementar estrategias de sensibilización frente al entorno, dirigir la mirada hacia la existencia y el autocuidado, etc. Lo que pretenden es salir del encasillamiento, es decir, insubordinar a la sociedad. La educación no es un componente más del sistema educativo, pues permea todo el conocimiento y, además, permite el desarrollo del pensamiento crítico⁷.

Morin (2010) expone en su teoría del pensamiento complejo que la educación es capaz de unificar el conocimiento fragmentado, es decir, las disciplinas y los campos del saber. Este autor considera que el dominio de una disciplina puede generar un conocimiento parcializado e incompleto.

Al respecto, Freire (1967) plantea que la educación no puede seguir siendo un acto de adiestramiento alienante. Antes bien, debe comenzar a considerarse como una fuerza de cambio o un mecanismo que impulsa los sujetos hacia la libertad. El hombre educado es un autor y un actor de primer orden, es decir, se rehúsa a ser un sujeto pasivo. Además, se interesa por seguir recibiendo una formación disruptiva.

En suma, la educación problematizadora, insurrecta y libertadora fusiona diversas disciplinas, a fin de que los individuos puedan generar un nuevo conocimiento, conocimiento que, a su vez, les permitirá: “Descubrirse, conquistarse, reflexionarse como sujetos de su propio destino histórico” (Fiori, 2005, p.6).

⁷ La educación, la salud y la vida tienen una red compleja.

2.4. Conclusiones

El tema central es el concepto de salud. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, este estado no debe definirse como una ausencia de enfermedad. La salud es un sistema discreto, discontinuo, indeterminado y complejo, es decir, no lineal. Además, se encuentra compuesto por componentes biológicos, culturales, sociales e históricos. Para algunos, también es una experiencia y una característica inherente a los individuos y a las comunidades. En suma, abarca todas las esferas del ser humano.

La métrica y el uso de indicadores son determinantes para el desarrollo de la ciencia. Sin embargo, su aplicación implica que: primero, se erradiquen por completo las barreras que impiden el libre acceso a las fuentes de datos y segundo, se refuerce la ética y el humanismo en todos los actores que intervienen en la investigación. En la actualidad, el indicador de mayor valor es el índice H.

Los objetivos principales de un doctorado son: formar investigadores, impartir una asignatura que se centre en los métodos de investigación, incentivar la búsqueda, el abordaje de problemas, el análisis de estructuras mentales y la elaboración de cohortes epistemológicas.

El capítulo concluye con una reflexión sobre la importancia del error. También se documenta el rigor, la ética y el buen juicio en la ciencia. Hay blogs, webs y revistas que, como el *Journal of Failure Analysis and Prevention*, hacen una descripción de los errores identificados en los experimentos científicos.

3.

**Interdisciplinariedad,
complejidad y adversidad:
tres componentes de los
modelos científicos**

El concepto de interdisciplinariedad es tan complejo como su implementación. Pombo se ha encargado de analizar su epistemología; sin embargo, también hay muchos autores que se fijaron este objetivo. Cabe señalar que ellos tienden a combinar varias disciplinas cuando llegan a los límites del conocimiento.

Pombo (2013) diferencia los conceptos de multidisciplinariedad, que permite confrontar las disciplinas en paralelo, e interdisciplinariedad, que hace posible encontrar su punto de convergencia. La interdisciplinariedad surge de una necesidad por traspasar las barreras y desarrollar nuevos enfoques técnicos o teóricos. No obstante, también es el resultado del azar y de una variación en los resultados obtenidos por los investigadores. Cabe señalar que puede dirigir la mirada hacia disciplinas, ramas y temas que no eran tenidos en cuenta desde un principio (Maldonado, 2017b).

Existen dos tipos de interdisciplinariedad: la primera abarca a las ciencias y a las disciplinas. De ahí que suscite modificaciones tanto en la comunidad académica como en la investigación; la segunda hace que los investigadores se apropien de dominios y de lenguajes diferentes. La última es considerada como la verdadera interdisciplinariedad. Para Maldonado (2017b), “Los grandes en la historia de la ciencia y el pensamiento son aquellos a quienes el mundo les cabe justamente en la cabeza” (p.4).

El primer tipo de interdisciplinariedad emergió entre 1960 y 1970. Para Maldonado (2017b), esta es una práctica que pone en diálogo diversas ciencias y disciplinas. Según Uribe (2011), “Sus objetivos son: superar la excesiva especialización del conocimiento, estimular la búsqueda de investigaciones que aborden problemas complejos e integrar el saber” (p.149).

El concepto de interdisciplinariedad tiene una historia ancestral. Kuhn (2004) planteó que los nuevos paradig-

mas no retoman los antecedentes ni los indicios preexistentes. De ahí que estos no puedan ser refutados por los viejos paradigmas.

A lo largo de una investigación puede ser imperioso que se aborden tópicos, disciplinas y ámbitos desconocidos por el investigador. Es probable que llegue a estas cuando se plantea nuevos cuestionamientos, elimina sus propias barreras mentales, se despoja del ego y reconoce al otro.

Maldonado (2017b) considera que el segundo tipo de interdisciplinariedad es verdadero. Lo anterior se debe a que supera la fragmentación del saber, permite solucionar problemas que sobrepasan los límites de una disciplina, reclama la creación de nuevos discursos, potencia las ventajas de un campo académico o científico, etc. Esta práctica es implementada cuando el investigador se plantea los siguientes objetivos: ser acogido por una comunidad académica o científica, publicar sus trabajos y emplear un lenguaje completamente diferente al de su área de conocimiento.

Ahora bien, ¿a qué se refiere Maldonado cuando afirma que el mundo puede caber en la cabeza del investigador gracias a la interdisciplinariedad? Es probable que quisiera decir lo siguiente: el especialista trasciende su propia especialidad. Por esta razón, toma consciencia de sus propios límites, acoge las contribuciones de otras disciplinas y da origen a estructuras epistemológicas más amplias y complejas. Es decir, se atreve a traspasar un nivel de ciencia, a problematizar la realidad circunscrita a un fenómeno particular, a generar cambios, etc.

“La interdisciplinariedad es una exigencia interna de las ciencias” (Tamayo, 1995, p. 5). Esta práctica permite que el investigador se replantee el sistema de las *scientias*. Debido a lo anterior, se generan cambios en su organización y, además, se garantiza su progreso. La verdadera interdisciplinariedad es una práctica a partir de la cual el especialista puede establecer una relación particular entre campos de

conocimiento afines (las ciencias físicas, las ciencias humanas, las ingenierías, entre muchas otras).

Con la experiencia interdisciplinaria, el especialista tiene más oportunidad de ser aceptado en diversas comunidades científicas. Sin embargo, también le es posible publicar estudios sobre temas variopintos. Lo anterior puede adjudicársele al hecho de que las comunidades científicas y académicas son integradas a través de un sistema de redes (Maldonado, 2017b).

Así las cosas, de los dos tipos de interdisciplinariedad, la mejor es la segunda. Se requiere reconocer hasta dónde se sabe y hasta dónde se desconoce, identificar fuentes confiables, dominar otros lenguajes y, ante todo, abandonar la petulancia.

En la ciencia contemporánea, los investigadores no solo deben apostarle a la interdisciplinariedad, sino que también tienen que aprender a dominar el estudio de los modelos y el concepto de complejidad.

3.1. Modelos científicos y complejidad

Los modelos científicos pretenden explicar un conjunto de fenómenos que parten de diferentes metodologías, metodologías en las cuales convergen otros campos del conocimiento, por ejemplo, la cultura, la sociología y la filosofía. Cabe señalar que su confluencia puede hacer que los modelos se mantengan o desaparezcan.

Estas representaciones abstractas y conceptuales no solo buscan entender, sino explicar los fenómenos, la sociedad y la naturaleza. Los modelos científicos se corresponden con un tipo de ciencia occidental que refleja las inequidades sociales con ahínco. De ahí que los sujetos no tengan la capacidad para acceder de la misma manera a la información (Giere, 2004).

Giere (2004) plantea que los investigadores usan los modelos científicos para representar y predecir la realidad. Estos hacen parte de la ciencia moderna y, además, se integran en la complejidad. De ahí que tengan la potestad de simplificar un sistema o un comportamiento complejo. Los resultados son tan diversos que por sí solos no tienen ninguna utilidad. A causa de los anterior, la interpretación (argumentos, originalidad, creatividad e inteligencia) cobra un papel fundamental en la ciencia y en el conocimiento.

Para hacer ciencia, los investigadores deben llevar a cabo una serie de procesos específicos. Los modelos científicos se han constituido en uno de los instrumentos principales de la ciencia moderna. Desde esta perspectiva, la *scientia* es el resultado de un conjunto de procesos que le sirven como fundamento a los modelos conceptuales de carácter predictivo. Así las cosas, el conocimiento sobre la naturaleza de los modelos se puede convertir en una comprensión sofisticada de la ciencia (Gilber, 1991).

Aunque existen varios modelos científicos, los que se destacan son los siguientes: primero, el teórico o conceptual, que es una representación elaborada a partir de un estado del arte y unos conceptos; segundo, el matemático, que es una representación simplificada de un fenómeno o un objeto; tercero, el lógico, que es una descripción hipotética de una cadena de causas y efectos; cuarto, el informacional, que simboliza una relación comunicativa mediante el empleo de códigos lingüísticos; y quinto, el computacional, que es un modelo matemático con el cual puede simularse un fenómeno complejo.

Ninguno es más importante que el otro. Su uso apropiado tendrá como resultado un conocimiento aplicado (Helland, 2009). De lo anterior puede inferirse que, en la actualidad, los hombres son parte de una cultura que está marcada por la utilización exacerbada de las nuevas tecnologías. La cibercultura tiene ventajas, tales como: la

comunicación inmediata, el intercambio de información, la digitalización, la multiculturalidad, la libertad de expresión, etc. Sin embargo, también posee aspectos negativos, por ejemplo: la virtualización de la identidad, la falta de tolerancia de los usuarios y las brechas digitales, entre otras⁸.

La labor de los investigadores no consiste en buscar métodos, sino en hallar problemas. Al fin y al cabo, estos son los que determinan el método y no al revés. Ahora bien, ¿qué tipo de problemas existen hoy en día? En la actualidad hay dos clases: los indecibles son aquellos para los cuales es imposible construir un algoritmo. De ahí que sea inviable llegar a resolverlos. Su naturaleza es incomprendible, pues, aunque los investigadores lo intenten, no pueden comprimirlos en una fórmula o una clave (Maldonado, 2013). Los decidibles les permiten hacer un algoritmo, es decir, obtener una respuesta correcta. Cabe señalar que los decidibles se dividen en: problemas P, que son polinomiales, elementales e irrelevantes; y problemas NP, que son irresolubles en un tiempo polinómico. Los últimos se caracterizan por ser difíciles y notables.

Los objetivos de un verdadero científico son: buscar problemas y encontrar respuestas definitivas, provisionales y tentativas. Un buen científico no elige problemas fáciles. Los amores verdaderos son aquellos que hacen sufrir. La anterior es una conclusión extraña y poco placentera (Maldonado, 2013).

⁸ Estas situaciones representan un gran reto para los científicos y los investigadores.

3.2. Conclusiones

Aunque existen dos tipos de interdisciplinariedad, la mejor es la segunda. No es posible pensar en esta práctica cuando los sujetos se niegan a: primero, reconocer el papel que desempeñan otros individuos en la sociedad y segundo, reflexionar acerca de la vida y los sistemas complejos. Para integrar un conjunto de ciencias de manera singular, el investigador debe aceptar que hay diferencias notables entre la multidisciplinariedad y la interdisciplinariedad.

El conocimiento obtenido de esta convergencia es cada vez más integral, pues logra ofrecerle al investigador una visión más amplia y completa de la realidad. Para los investigadores, la interdisciplinariedad es una metodología científica que potencia el desarrollo de los diferentes campos del saber.

Como se mencionó anteriormente, el investigador no puede emplearla a menos que: asuma una actitud de apertura, aprenda a tolerar las ideas que son distintas a las suyas, comprenda que, en ocasiones, tendrá que reorganizar o reestructurar su trabajo, identifique fuentes confiables, domine otros lenguajes, esté atento a los aportes y los planteamientos de sus pares, pueda despojarse de su ego, etc.

Con los modelos científicos, los investigadores pretenden explicar fenómenos que fueron abordados desde diferentes metodologías. La interdisciplinariedad, en la investigación científica, les permite alcanzar los siguientes objetivos: primero, incorporar los resultados de varias disciplinas a partir de los esquemas de análisis conceptual; segundo, contribuir en la movilización del saber y tercero, lograr una mayor comprensión de los fenómenos, la sociedad y la naturaleza.

Los esquemas de análisis conceptual hacen parte de la ciencia moderna y, además, se integran a la complejidad.

Conviene subrayar que no solo simplifican un sistema o un comportamiento complejo, sino que también permiten predecir la realidad y los fenómenos sociales.

La interdisciplinariedad y la complejidad hacen parte de los modelos científicos. Los factores que las unen son: la adversidad, el deseo de encontrar problemas, la necesidad de diferenciar lo trivial y lo extraordinario, la pretensión de coadyuvar en la modificación de la realidad, etc.

4.

**Resolver problemas
complejos a través
de la metaheurística:
un aporte a la ciencia**

El maestro busca que los estudiantes alcancen varios objetivos durante el Seminario de Investigación. Sin embargo, para él, uno de los más relevantes es el siguiente: conseguir que planteen su propia definición de la metodología de la investigación. Esto será posible, siempre y cuando acepten que, al ser investigadores, tienen como deberes: transformar la realidad, superar las barreras y aprovechar la adversidad.

El maestro pretende formar investigadores con una gran capacidad de arrojo. Cabe señalar que es una característica relacionada con la habilidad para encontrar problemas, tales como: los NP, que permiten abordar la complejidad.

Durante el Seminario de Investigación no se ha abordado la importancia del método. Esto se debe a que: primero, el problema lo determina. Un buen investigador puede idear nuevos métodos cuando el problema que se ha planteado así lo requiere. Por ejemplo, Newton tomó la decisión de abordar el movimiento a partir del cálculo; segundo, las lecturas propuestas dentro del curso se concentran en la génesis de los problemas y las ideas, la lógica del descubrimiento y la creación científica. Es decir, el método solo sirve para confirmar una hipótesis.

El investigador podrá correr las barreras del conocimiento si busca con ahínco una manera de solucionar los problemas. En la actualidad, muchos continúan abordándolos desde la linealidad, que es una característica de la ciencia normal. La comunidad científica sigue pensando la salud y la enfermedad desde una visión simplificada de la realidad. Es decir, hay una subvaloración de la complejidad.

4.1. En busca de los problemas complejos

Según Maldonado (2013), en la ciencia existen diferencias entre el sujeto que observa y el sujeto observado. Esto no solo influye en la comprensión de los fenómenos, sino tam-

bién en la visión y los esquemas mentales de la sociedad. La *scientia* se desarrolla a través de modelos científicos que ponen en evidencia la comprensión de la realidad (Maldonado, 2017).

En la actualidad, los problemas se han convertido en el eje central de la investigación. Por esta razón, es necesario que los investigadores se planteen preguntas, tales como: “¿Cuáles son los problemas?, ¿se trata de trabajar y vivir en función de los problemas?, ¿es preciso definir toda una forma de vida alrededor de los problemas?” (Maldonado, 2017, p.1).

Sin duda, hay factores que despiertan el amor por la adversidad, por ejemplo: la identificación de problemas complejos, la satisfacción que sienten al resolverlos, etc. Cabe señalar que, en muchos casos, estas soluciones no se desarrollaron en un tiempo polinomial (Maldonado, 2013).

Las ecuaciones matemáticas son una analogía de los problemas complejos. Hay tres tipos de ecuaciones: las lineales, las no lineales y las inconsistentes. A partir de las primeras, los investigadores pueden aproximarse a un problema para el cual existe una solución. A diferencia de las lineales, las no lineales se pueden resolver de múltiples maneras. Por su parte, las ecuaciones inconsistentes son aquellas que no tienen o no admiten ninguna solución, como es el caso de los problemas NP.

En estrecha relación con lo anterior, Maldonado (2013) hizo un paralelo entre las situaciones que podían enfrentarse en la vida. Por esta razón, resaltó con persistencia que: “Hay circunstancias que no tienen solución. Es decir, los sujetos deben aprender a vivir con ellas como les sea posible” (p.2). También plantea que existe un contrasentido con el cual se asocian las adversidades. Este puede poseer un carácter existencial, cognitivo, psicológico o emocional. Por lo tanto, la manera de enfrentarse a las adversidades depende de la forma cómo los investigadores asumen la vida.

En este marco, la ciencia se constituye en un tipo de racionalidad que se entrecruza con diversas disciplinas. La interdisciplinariedad es una práctica mediante la cual los investigadores pueden crear nuevos esquemas de pensamiento, esquemas que desencadenen una retroalimentación, una innovación y un cambio en los paradigmas tradicionales de la *scientia*.

Lo anterior ha ocasionado que se utilicen con menor frecuencia algunos conceptos y herramientas clásicas en el terreno de la concepción y la solución de problemas. En este punto conviene señalar algunos: la formulación de hipótesis, el empleo de métodos heurísticos, las técnicas de modelado, la simulación y la visualización. Lo anterior produce un cambio en la visión de mundo, la naturaleza, la estructura social y la organización del conocimiento (Maldonado, 2017).

La ciencia tiene la capacidad para modelar una sociedad y una época, debido a que transforma la visión de la realidad. Su función consiste en lograr que el estado, las organizaciones y la colectividad piensen en los problemas y en las posibles soluciones.

Es posible hallarle una solución a un problema complejo mediante métodos, tales como: las metaheurísticas. Estas se centran en la búsqueda de soluciones de alta calidad y por eso propician un acercamiento significativo con la verdad. Uno de sus insumos son las experiencias, que, a su vez, están diseñadas para encontrar respuestas a problemas de difícil optimización combinatoria, problemas que las heurísticas tradicionales no abordan (Suárez, 2011).

Los procedimientos metaheurísticos se caracterizan por presentar las siguientes propiedades: simplicidad, precisión, coherencia, eficacia, adaptabilidad, interactividad, multiplicidad y autonomía. Además, se pueden usar en una variedad de problemas (Suárez, 2011).

El amor por la adversidad es, en realidad, una crítica hacia lo obvio y lo evidente. Los investigadores viven en función de los desafíos, los cuestionamientos, la problematización y el distanciamiento. Lo anterior lleva a determinar que la ciencia es el camino hacia la investigación, que está íntimamente relacionada con el error, el aprendizaje, los problemas y la adversidad, la adversidad surge al abordar problemas relevantes, es decir, cuya solución no es evidente o es imposible.

Por lo tanto, un buen científico es capaz de desarrollar modelos explicativos que arrojen una mejor comprensión de la realidad y de la vida. Cabe señalar que estos causan un impacto en los esquemas mentales de la sociedad (Maldonado, 2017).

4.2. Los problemas complejos y las metaheurísticas

En la actualidad, la ciencia normal, como la denomina Kuhn, forma parte de un paradigma vigente. Sin embargo, como este presenta aspectos que deben ser analizados y trastocados, debe enfocarse en procesos lineales, procesos que se centran en la enfermedad y, por ende, fraccionan la realidad. Dentro del paradigma de la ciencia normal se encuentran las siguientes ciencias: la inductiva, la deductiva, la computacional y la de datos (Maldonado, 2017).

La ciencia normal se enfoca en métodos clásicos, métodos que fueron denominados de la siguiente manera: cuantitativos, cualitativos y mixtos. Desde esta visión, la *scientia* propone que el investigador se aproxime al problema con el firme propósito de hallar una solución precisa y global. Sin embargo, para que los problemas sean vistos a la luz de las ciencias de la complejidad, los pesquisadores deben desarrollar un modelo preciso.

Según las ciencias de la complejidad, los problemas complejos son difíciles de resolver. En otras palabras, como se caracterizan por no tener una definición clara, es imposible hallar una solución óptima en un tiempo polinómico razonable (Suárez, 2011). En la resolución de problemas complejos, las metaheurísticas se han convertido en un recurso para optimizar las soluciones⁹. Cabe señalar que una solución es óptima cuando emplea una mínima cantidad de requerimientos computacionales, requerimientos que son representados por los métodos iterativos clásicos o los algoritmos de carácter convencional.

Las metaheurísticas son consideradas como un método que permite optimizar las soluciones a partir de una serie de técnicas algorítmicas. Gracias a lo anterior, los investigadores han hallado soluciones más próximas a los problemas complejos (Talbi, 2009). Las metaheurísticas, por lo tanto, están diseñadas para resolver problemas de optimización combinatoria mediante la aplicación de procedimientos heurísticos de alto rendimiento (Gallego et al., 2015).

Es por eso que las ciencias de la complejidad se componen y se articulan en un pluralismo metodológico. Lo anterior quiere decir que no existe un único método. Antes bien, es necesario que los investigadores las vinculen con otros avances teóricos y prácticos.

Para comprender los problemas y hallar soluciones, los investigadores deben identificar los algoritmos. Estos se pueden clasificar en dos tipos: algoritmos constructivos y algoritmos de búsqueda local. Los primeros parten de cero, es decir, van paso a paso. Las soluciones que arrojan son bastante razonables, sin embargo, no permiten predecir los cambios a nivel local. En cambio, los algoritmos de búsqueda

⁹ Las metaheurísticas son un método propuesto por los complejólogos.

da local plantean una solución que puede irse enriqueciendo de forma paulatina. El proceso concluye cuando no hay campo de mejora (Suárez, 2011).

En suma, las metaheurísticas permiten hacer una exploración local y global. Hay varios ejemplos, sin embargo, se destacan los siguientes: primero, los algoritmos de recocido simulado tienen como objetivo encontrar una buena aproximación al valor óptimo de una función en un espacio de búsqueda grande; segundo, Glover introdujo la búsqueda tabú con el propósito de evitar la aparición de un algoritmo y tercero, el algoritmo de procedimiento de búsqueda adaptativa aleatoria codiciosa (GRASP) produce una solución factible a partir de iteraciones sucesivas, las iteraciones logran que esta tenga mejoras significativas mediante una exploración local (Maldonado, 2016).

Si el investigador quiere modificar y mejorar una solución, puede usar el algoritmo de escalada simple. Esta técnica de iteración inicia con una solución arbitraria; sin embargo, quienes lo emplean son conscientes de que les permitirá hallar una mejor. En cambio, si su propósito es perfeccionarla, tendrán que emplear el algoritmo genético, que fue propuesto por Holland. Este adopta las variables de comportamiento aleatorio planteadas por la teoría biológica evolutiva y, además, involucra procesos aleatorios, tales como: la selección, la mutación y la recombinación. En el algoritmo genético, el proceso de evolución se detiene cuando se ha realizado un número predefinido de iteraciones (Alancay et al., 2015).

El panorama descrito pone en evidencia que el campo de la complejidad está dirigido hacia las metaheurísticas. Lo anterior se debe a que los problemas complejos requieren soluciones aproximadas. En este punto entran los elementos mencionados por la neurociencia computacional, elementos que son retomados, posteriormente, por la neurociencia cognitiva.

En los últimos 200 años, los avances neurocientíficos se han centrado en la perspectiva localizacionista. Es por eso que la neurociencia conectó las funciones a las estructuras anatómicas. Gall consideraba que las funciones mentales debían localizarse en órganos separados del cerebro (Stuart, 1995). En este punto es importante señalar los descubrimientos de Broca y Wernicke, pues están relacionados con las afasias y las neuronas (Embick et al., 2000). Sus aportes aceleraron el entendimiento de los mecanismos neurobiológicos (Maxwell et al., 2000)¹⁰.

Debido a que diversas disciplinas, como la neurología clínica, la psiquiatría y la psicología, resaltaron la necesidad de entender a cabalidad las bases neurobiológicas de la mente y del cerebro, los aportes de Peneld, Milner, Teuber, Corkin, Geschwind, Damasio, Squire y Gazzaniga cobraron una importancia sin precedentes. Según Gazzaniga et al. (2013), sus contribuciones ampliaron los conocimientos referentes con la neurobiología de la mente.

Los autores construyeron sus aportes con la ayuda de la neurociencia cognitiva. Esta disciplina científica tiene como objetivo examinar los problemas referentes con el funcionamiento de la mente a partir de las bases de la biología molecular y celular. El abordaje de la neurociencia cognitiva suscita la aparición de interrogantes que están relacionados con los procesos patológicos de naturaleza mental o física. Estos son algunos ejemplos: ¿cómo funciona el cerebro?, ¿su funcionamiento es el origen de los procesos cognitivos?, ¿cuáles son los procesos cognitivos superiores?, ¿estos procesos determinan el comportamiento? El abordaje de estos interrogantes no solo permite va-

¹⁰ Lo anterior no solo generó un debate entre Eccles y Popper, sino que también dio origen al dualismo mente-cerebro (Carew, 1953).

lorar los procesos cognitivos relacionados con la situación problemática, sino que también provee las herramientas para establecer o identificar los factores asociados con la búsqueda de soluciones.

La neurociencia cognitiva se encarga de estudiar la manera cómo el cerebro recibe, integra y procesa la información. Lo anterior acontece gracias a que unas estructuras anatómicas se encargan de captarla y someterla a una serie de operaciones programadas. La información se procesa en el sistema nervioso, las estructuras neuronales y el sistema sensorial.

Los planteamientos expuestos se fundamentan en los estudios tocantes con la neurociencia computacional. Esta rama científica sostiene que los procesos cognitivos acaecidos en el cerebro tienen un cableado físico y químico que se encarga de captar, codificar y almacenar la información. Se debe agregar que el término fue introducido por Eric Schwartz en 1985.

La neurociencia computacional utiliza modelos matemáticos, análisis teóricos y abstracciones para comprender el funcionamiento del cerebro. Gracias a las neurociencias cognitivas, las neurociencias comenzaron a hacerse contribuciones entre sí. Pese a los hallazgos y a los avances estructurales y funcionales, aún no se ha logrado desarrollar una explicación computacional sobre el procesamiento de la información cerebral (Kriegeskorte y Douglas, 2018).

La neurociencia cognitiva, la neurociencia computacional y la inteligencia artificial (IA) se unen para: primero, comprender el funcionamiento del cerebro y el procesamiento de la información y segundo, generar acciones, comportamientos y resoluciones (Kriegeskorte y Douglas, 2018).

Es posible resaltar una confluencia entre la neurociencia computacional y la IA, que fue desarrollada por McCarthy y Minsky, quienes integraron el desarrollo computacional en los lenguajes de programación, los algoritmos

y los sistemas informáticos inteligentes¹¹. Sin embargo, es importante entender que, para Minsky (1988), la complejidad humana tiene origen en un sinnúmero de mecanismos, estructuras y procesos, que, por lo demás, no pueden ser entendidos ni explicados de manera aislada. Cabe señalar que también es relevante tener en cuenta la evolución biológica (Minsky, 1988).

La relación entre las metaheurísticas y la neurociencia cognitiva surge a partir de los modelos de estudio que son descritos en el nivel computacional. Los investigadores pretenden encontrar en la ciencia de la computación soluciones óptimas. Por esta razón, se centran en identificar los elementos extremos. Por su parte, Blum y Roli (2003) señalan que las metaheurísticas buscan hallar entre un conjunto de soluciones la más adecuada. En otras palabras, una que emplee la menor cantidad de requerimientos computacionales.

La complejidad puede abordarse desde las neurociencias si se tiene en cuenta el siguiente aspecto: el conocimiento no se reduce al sistema encefálico. Esto supone que se modifique la comprensión de la biología y de la salud. También es importante que se incorporen algunas nociones: i) el cuerpo es un ecosistema, no un organismo; ii) el sistema encefálico no es un órgano, sino una glándula; iii) los seres humanos tienen tres cerebros (sistema entérico, corazón y sistema encefálico); iv) la piel es una víscera; v) el cerebro más importante es el entérico; y vi) los *Homo sapiens* son holobiontes.

El primer aspecto implica que se aborde el cuerpo humano a partir de sus niveles de organización. Es neces-

¹¹ Estos sistemas se desarrollaron en diferentes campos y disciplinas.

¹² Son numerosas las enfermedades ocasionadas por el desbalance de las neuronas.

rio recalcar que este es un sistema físico y mental conformado por elementos que mantienen una interacción constante. Tiene la capacidad de modular y regular los cambios acaecidos en el organismo (Cañal, 2008).

El segundo aspecto señala que el primer cerebro no es el encefálico, sino el entérico. La microbiota se compone de 100 millones de neuronas. Esta cumple un papel importante en la salud del huésped, pues lo protege de los patógenos, le ayuda a metabolizar los medicamentos y los nutrientes, etc. La microbiota saludable tiene particularidades que varían de un sujeto a otro; es decir, su funcionamiento depende de la ubicación geográfica, la dieta y los factores genéticos (Andreo et al., 2017).

Aunque el sistema entérico (intestino grueso) fue descubierto en 1987, no comenzaron a estudiarlo formalmente, sino hasta el 2005. Para la ciencia moderna, el cerebro más importante es el sistema entérico. Cabe señalar que el segundo cerebro es el sistema encefálico. Este es de vital importancia porque permite que los seres humanos tomen decisiones, piensen y perciban el mundo a través del cuerpo. El tercero es el corazón, que se encuentra compuesto por 40 000 000 millones de neuronas¹³.

El sexto aspecto señala que los seres humanos son holobiontes porque se forman a partir de una asociación entre diferentes especies. Cabe señalar que el cuerpo humano es un súper organismo regulador gracias a los microorganismos que hospeda (Sebastián y Sánchez, 2017).

De lo anterior puede concluirse que hacer buena ciencia exige: concebir el problema a partir de procesos de cognición y de abstracción de la realidad conocida. Esto permitirá que los seres humanos entiendan que en el es-

¹³ Los tres cerebros se desarrollan alrededor de la columna vertebral, columna que está compuesta por neuronas.

pacio-tiempo existen elementos que pueden observarse, categorizarse e interpretarse. Sin embargo, la realidad difiere muchas veces del problema, es decir, los *Homo sapiens* tienden a aislarlos de la realidad percibida e imaginada¹⁴. Sartre hubiera descrito esta situación de la siguiente manera: la imaginación es el resultado de una síntesis entre los conocimientos que se poseen acerca de un elemento y la intención con la cual los hombres se aproximan a él. A lo anterior también se suman las emociones y los deseos.

El acto creativo también debe ir acompañado de un anhelo y de una profunda emoción. Estas turbaciones del ánimo tienen una influencia enorme en el quehacer científico, por ejemplo: los hallazgos, la formulación de teorías, la creación de objetos, etc.

Es importante mencionar que el vínculo entre las emociones y el quehacer científico constata la frontera del estado del arte, así como del campo disciplinario en el cual se encuentra inmerso el investigador. Los científicos se valen de este nexo para identificar los vacíos que hay en el conocimiento.

4.3. Conclusiones

La ciencia surge a partir de la investigación. Sin embargo, esta última descansa en la producción de textos escritos y publicados. Pues bien, en la historia hay cuatro estilos de escritura. La primera surgió a partir del diálogo y fue empleada por Platón. La segunda llegó a ser un instrumento importante para Aristóteles, quien escribió en voz pasiva. La tercera, que fue inventada por Montaigne, hace referen-

¹⁴ Es decir, los seres humanos exploran las percepciones e imaginan desde una subjetividad que pretende ser objetivable.

cia a una composición en prosa, composición que tiene por objeto presentar las ideas del autor. La cuarta es la escritura aforística, escritura que parece resistirse a cualquier intento de caracterización.

Los científicos aman las adversidades y por eso viven replanteándose la manera como conciben la ciencia. Es importante que los investigadores contemporáneos comiencen a reconocer los entornos y los contextos que habían sido desapercibidos por los investigadores de antaño. También están en la obligación de asumir la salud como una parte de la vida, una parte que, además, va más allá de la enfermedad.

En la vida, los problemas son de gran complejidad. Por esta razón, no pueden ser resueltos a través de los métodos tradicionales. Como se mencionó anteriormente, los métodos metaheurísticos permiten obtener soluciones aproximadas, debido a su aplicabilidad, eficiencia y efectividad.

Los científicos que sienten devoción por su hacer no cesan de buscar problemas y plantear soluciones óptimas. En ocasiones, los primeros pueden ser más o menos relevantes. Como su propósito es mantener la ciencia a la vanguardia, abordan temas poco explorados o inexplorados. En suma, la *scientia* se debe a la sociedad.

Bibliografía

- Alancay, N., Villagra, S., y Villagra, A. (2015). Metaheurísticas de trayectoria y poblacional aplicadas a problemas de optimización combinatoria. *Revista de Informes Científicos*, 8(1), 202-220. <http://dx.doi.org/10.22305/ict-unpa.v8i1.157>
- Almeida-Filho, N. (2006). Complejidad y transdisciplinariedad en el campo de la salud colectiva: evaluación de conceptos y aplicaciones. *Salud Colectiva*, 2(2), 123-146. <https://www.redalyc.org/pdf/731/73120203.pdf>
- Andreo, P., García, N., y Sánchez, E. (2017). La microbiota intestinal y su relación con las enfermedades mentales a través del eje microbiota-intestino-cerebro. *Discapacidad Clínica Neurociencias*, 4(2), 52-58. <https://revistes.ua.es/dcn/article/view/2014-n2-la-microbiota-intestinal-y-su-relacion-con-las-enfermedades-mentales-a-traves-del-eje-microbiota-intestino-cerebro>
- Blum, C., y Roli, A. (2003). Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison. *ACM Computing Surveys*, 35(3), 268-308. <https://doi.org/10.1145/937503.937505>
- Cañal, P. (2008). El cuerpo humano: Una perspectiva sistémica. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 58, 8-22. <https://xn--pedrocaal-r6a.es/wp-content/uploads/872008El-cuerpo-humano-una-perspectiva-sistemica.pdf>
- Carew, J. (1953). *The neurophysiological basis of mind. The principles of neurophysiology*. Clarendon Press.
- Dansinger, M. (2017). Dear Plagiarist: A letter to a peer reviewer who stole and published our manuscript as his own. *Annals of Internal Medicine*, 166(2), 143. <https://www.acpjournals.org/doi/full/10.7326/M16-2551>
- Dyson, F. (2005). *El científico rebelde*. Debate.

- Embick, D., Marantz, A., Miyashita, Y., O'Neil, W., & Sakai, K. L. (2000). A syntactic specialization for broca's area. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(11), 6150-6154. <https://doi.org/10.1073/pnas.100098897>
- Florián, V. (2009). Claude Lévi-Strauss (1908-2009) In memoriam. *Ideas y Valores*, 139, 161-177. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/idval/article/view/36267/38308>
- Freire, P. (1967). *Educación como práctica de la libertad*. Nuevo Orden.
- Freire, P. (1975). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI Editores.
- Freire, P. (2004). *Pedagogía de la autonomía: Saberes necesarios para la práctica educativa*. Paz y Terra.
- Galvis, S. (2019). Descentrando el sujeto de la salud pública. Un cuestionamiento a los principios de racionalidad, estabilidad y coherencia. En M. A. Gallego. (Ed.). *Reflexiones críticas sobre la teoría de la salud pública. En camino hacia las ciencias de la complejidad* (pp. 89-122). Editorial Universidad El Bosque.
- Gallego, R. A., Toro, E., y Escobar, A. (2015). *Técnicas heurísticas y metaheurísticas*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- García, V. (1987). Condiciones de la educación en una sociedad confusa. *Anales de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas*, 64, 221-241. <https://www.racmypo.es/docs/anales/A64-13.pdf>
- Gazzaniga, M., Ivry, R., & Mangun, G. (2013). *Cognitive neuroscience: The biology of the mind*. W.W. Norton & Company.
- Graff, H. J. (2015). *Undisciplining knowledge: Interdisciplinarity in the Twentieth Century*. Johns Hopkins University Press.
- Giere, R. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742-752. [Investigaciones en complejidad y salud. n.º 16 . Un mundo hecho de numerosos relatos instauro salud 61](https://www.js-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- tor.org/stable/10.1086/425063#metadata_info_tab_contents
- Gilbert, S. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73-79. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280107>
- Helland, I. S. (2009). *Steps towards a unified basis for scientific models and methods*. World Scientific Publishing Company.
- Hicks, D., & Wouters, P. (2015). Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. *Nature*, 520, 429-431. <https://www.nature.com/news/bibliometrics-the-leiden-manifesto-for...>
- Hoyos-Vásquez, J. (1988). El seminario en la experiencia docente en la Facultad de Filosofía de la Pontificia Universidad Javeriana. *Universitas Philosophica*, 10, 39-53. <http://hdl.handle.net/10554/31755>
- Kriegeskorte, N., & Douglas, P. K. (2018). Cognitive computational neuroscience. *Nature Neuroscience*, 21(9), 1148-1160. <https://doi.org/10.1038/s41593-018-0210-5>
- Kuhn, T. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Maldonado, C. E. (2016a). El capitalismo académico: las universidades como entidades del mercado y mercadeo. *Revista Latinoamericana de Ensayo*, 11(55), 1-4. <http://critica.cl/educacion/el-capitalismo-academico-las-universidades-como-entidades-del-mercado-y-mercadeo>
- Maldonado, C. E. (2016b). Metaheurísticas y resolución de problemas complejos. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 16(33), 169-185. <https://www.redalyc.org/pdf/414/41449298008.pdf>
- Maldonado, C. E. (2017a). Tipología de modelos científicos de explicación. *Ciencia y complejidad. Sociología y Tecnociencia*, 7(2), 58-72. <https://doi.org/10.24197/st.2.2017.58-72>

- Maldonado, C. E. (2017b). Educación compleja: indisciplinar la sociedad. *Educación y Humanismo*, 19(33), 234-252. <http://dx.doi.org/10.17081/eduhum.19.33.2642>
- Maldonado, C. E. (2017c). De dos modos de interdisciplinariedad, uno. *Revista Latinoamericana de Ensayo*, 1, 1-4. <https://critica.cl/filosofia/de-dos-modos-de-interdisciplinariedad-uno>
- Maldonado, C. E. (2018a). La investigación científica como ludopatía. *Pacarina del Sur*, 10(37), 1-24. <http://www.pacarinadelsur.com/home/alma-matinal/1677-la-investigacion-cientifica-como-ludopatia>
- Maldonado, C. E. (2018b). Seis tesis sobre complejidad y salud. *Revista Salud Bosque*, 8(1), 5-7. <https://doi.org/10.18270/rsb.v8i1.2370>
- Maldonado, C. E., y Pérez-Acosta, A. (2018c). Una reflexión crítica sobre la cultura de rankings e indicadores. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 36(3), 431-441. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/apl/article/view/7253/6615>
- Maldonado, C. E. (2019a). La salud como información. En C.E. Maldonado. (Ed.). *Reflexiones críticas sobre la teoría de la salud pública. En camino hacia las ciencias de la complejidad* (pp. 19-42). Editorial Universidad El Bosque.
- Maldonado, C. E. (2019b). Complejidad y salud pública. Marcos, problemas, referencias. *Revista Salud Bosque*, 8(2), 83-96. <http://dx.doi.org/10.1870/rsb.v8i1.2497>
- Maldonado, C. E. (2019c). La (buena) ciencia como (un acto de) rebelión. *Pacarina del Sur*, 11(41), 1-16. <http://pacarinadelsur.com/home/utopias/1820-la-buena-ciencia-como-un-acto-de-rebelion->
- Maldonado, C. E. (2019d). La educación: un caso conspicuo de rebelión en la ciencia. *Praxis Pedagógica*, 19(24), 1-8. <http://dx.doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.19.24.2019.1-8>

- Maxwell, C., Donald, H., & Kandel, E. R. (2000). The emergence of modern neuroscience: Some implications for neurology and psychiatry. *Annual Review of Neuroscience*, 23(1), 343-391. <https://www.annualreviews.org/action/showCitFormats?doi=10.1146%2Fannurev.neuro.23.1.343>
- Minsky, M. (1988). *Society of mind*. Simon & Schuster.
- Morin, E. (2010). Complejidad restringida y Complejidad generalizada o las complejidades de la Complejidad. *Revista Estudios*, 8(93), 81-135. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/3883/Complejidad%20restringida%20complejidad%20general.pdf>
- Morgan, S. (1995). Localization of brain function: The legacy of Franz Joseph Gall (1758-1828). *Annual Review of Neuroscience*, 18(1), 359-383. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ne.18.030195.002043>
- Olivé, L. (2013). La Estructura de las revoluciones científicas: cincuenta años. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 22(8), 133-151. <https://www.redalyc.org/pdf/924/92425714007.pdf>
- Ospina, R. (2008). La educación como escenario para el desarrollo humano. *Investigación y Educación en Enfermería*, 26(2), 12-15. <https://www.nature.com/articles/520429a>
- Ramis, A., y Rina, M. (2004). La causalidad compleja: ¿un nuevo paradigma causal en Epidemiología? *Revista Cubana de Salud Pública*, 30(3), 3-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21430310>
- Ramis, A., y Rina, M. (2007). Complejidad y salud en el siglo XXI. *Revista Cubana de Salud Pública*, 3(4), 1-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21433411>
- Rieznik, P. (2001). Trabajo, una definición antropológica. *Razón y Revolución*, 7, 1-21. <https://razonyrevolucion.org/textos/revvyr/prodetrab/ryr7Rieznik.pdf>

- Roberts, R. M. (2013). *Serendipia. Descubrimientos accidentales en la ciencia*. Alianza Editorial.
- Sánchez, J. (2016). *Guía para elaborar relatorías y protocolos*. Editorial Universidad El Bosque.
- Sartre, J. P. (1948). *The imaginary: A phenomenological psychology of the imagination*. Psychology Press.
- Sebastián, J. J., y Sánchez, C. (2018). De la flora intestinal al microbioma. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 110(1), 51-56. <http://dx.doi.org/10.17235/reed.2017.4947/2017>
- Suárez, A. (2011). Una aproximación a la heurística y metaheurísticas. *Revista Inge@UAN*, 1(1), 45-51. <https://core.ac.uk/download/pdf/236383515.pdf>
- Talbi, E. (2009). *Metaheuristics. From design to implementation*. John Wiley & Sons.
- Téllez-Zenteno, J.F., Morales-Buenrostro, L. E., y Estañol, B. (2007). Análisis del factor de impacto de las revistas científicas latinoamericanas. *Revista Médica de Chile*, 135(4), 480-487. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872007000400010>
- Uribe, C. (2011). Interdisciplinarietà en investigación: ¿colaboración, cruce o superación de las disciplinas? *Universitas Humanística*, 73, 147-172. <http://www.scielo.org.co/pdf/unih/n73/n73a06.pdf>
- Vásquez-Alonso, A., y Manassero-Mas, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6449623>

Investigaciones en complejidad y salud

Facultad de Medicina

Grupo de Investigación en Complejidad y Salud Pública

n.º 17

Metodologías y herramientas de investigación en complejidad para pensar la salud

Fue editado y publicado por la
Editorial Universidad El Bosque,
Junio de 2022
Bogotá, Colombia

