

Investigaciones en complejidad y salud

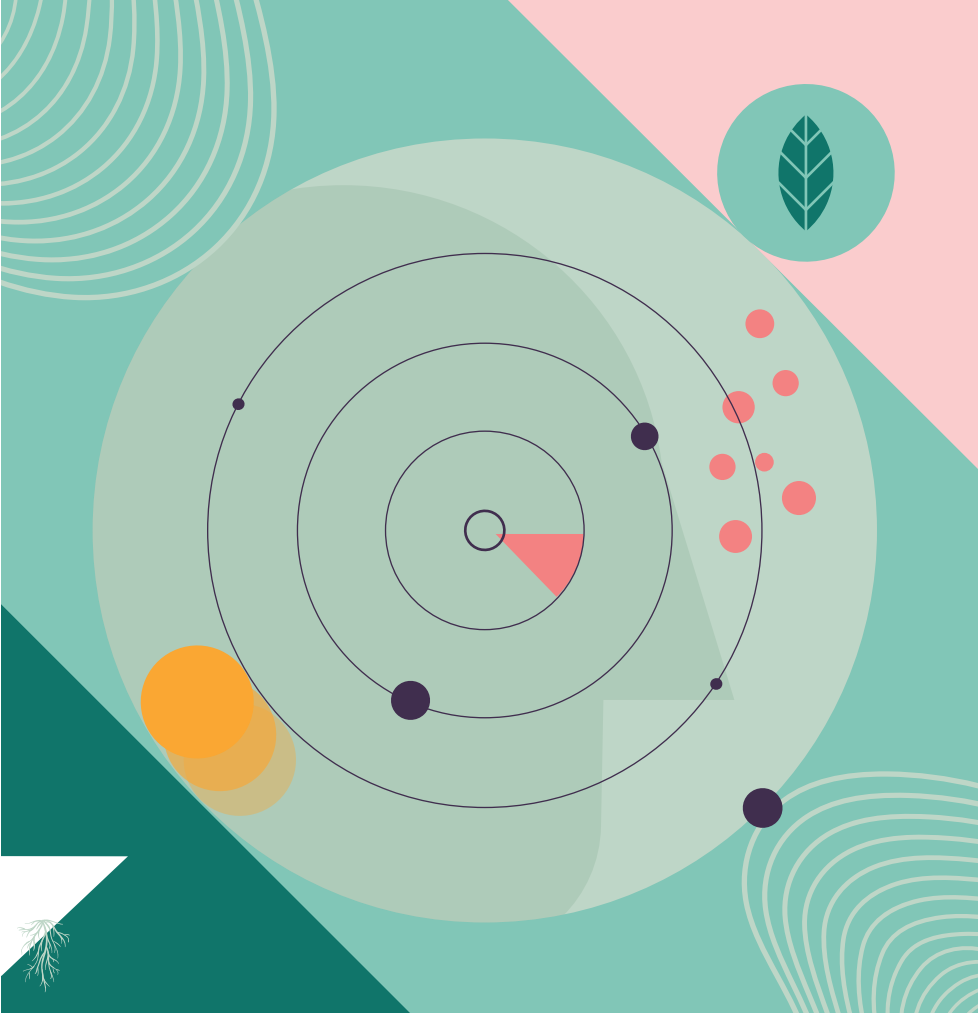
Facultad de Medicina

Grupo de Investigación Complejidad y Salud Pública

n.º 12

Año 3
julio-agosto 2021
ISSN: 2665-1564

Las raíces biológicas del conocimiento



Autor y editor académico

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

Año 3, n.º 11, julio-agosto 2021 | ISSN: 2665-1564

Investigaciones en complejidad y salud

Facultad de Medicina

Grupo de Investigación en Complejidad y Salud Pública

n.º 12

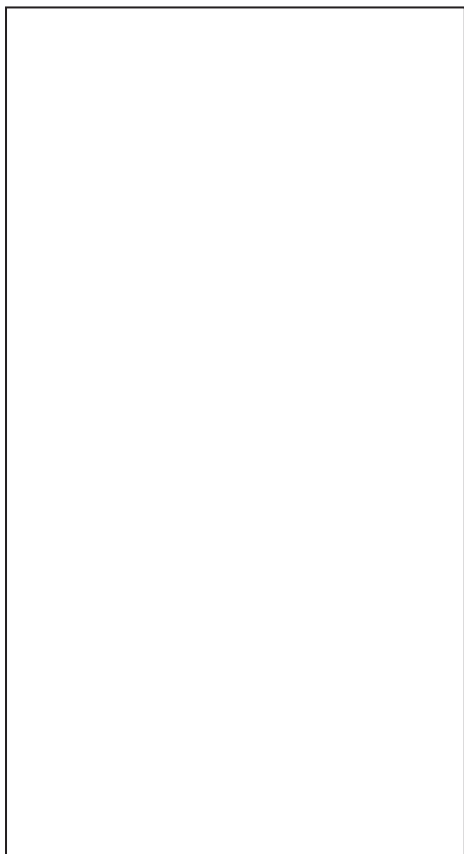
Las raíces biológicas del conocimiento

Carlos Eduardo Maldonado



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. Reacreditación institucional de alta calidad: Resolución n.º 013172 del 17 de julio 2020, MEN.



Contenido

Introducción Pág. 57

1 Vida e información
1.1. Breve interludio Pág. 10

2 Unidades de información biológica Pág. 16

3 Un cerebro, dos cerebros, tres cerebros Pág. 26

4 Mente, biología, creación o creatividad Pág. 38

Bibliografía Pág. 57

Introducción

En este texto argumentamos que el conocimiento no se fundamenta en la razón, el entendimiento, el alma o la conciencia como nos lo hicieron pensar ciertos planteamientos filosóficos, teológicos y psicológicos. Más exactamente, este se cimienta en la biología, pues el saber es un acto, un proceso biológico.

Existen antecedentes de carácter significativo que soportan esta idea, sin embargo, el marco del cual emergió fue denominado en su momento como la nueva biología (hacia 1970). Esta constituye uno o quizás el más destacado de los ejes de las ciencias de la complejidad, porque no puede llegar a ser comprendida si no es mediante su unión férrea con las de la vida.

Entre los antecedentes se encuentran los trabajos de Gregory Bateson, *Espíritu y naturaleza* (2011) y *Pasos hacia una ecología de la mente: una aproximación revolucionaria a la autocomprensión del hombre* (1998); Humberto Maturana y Francisco Varela, *El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano* (2009); Brian Goodwin, *Las manchas del leopardo: la evolución de la complejidad* (1998); Brian Goodwin y Ricard Solé, *Signs of life: how complexity pervades biology* (2009) y Stuart Alan Kauffman, *The origins of order: self-organization and selection in evolution* (1993), quien desde sus primeros libros sostuvo y amplió esta noción.

Una tradición semejante se puede rastrear en los orígenes del pensamiento organicista y, en especial, en el alemán; sin embargo, no fue hasta el siglo xx que esta emergió con fuerza y autonomía. Autores como Heinz von Foerster, Ludwig von Bertalanffy, Gregory Bateson y James Lovelock contribuyeron de manera decisiva en el despliegue de la concepción organicista del mundo, la sociedad y el ser humano.

El conocimiento encuentra sus raíces en la biología. Dicho de manera radical, la quintaesencia de cuestiones

como la educación, la ética, la psicología, el arte o la filosofía es: la biología, ya que estos son al mismo tiempo procesos homeostáticos y metabólicos. Para entender la idea de base propuesta en este texto es preciso que se tenga la intención de aprender más acerca esta ciencia.

Una primera visión general de lo que comporta esta idea puede encontrarse en *La extraña naturaleza de la vida*. El autor expone que sus pilares son: la biología de redes, la biología sintética, la biología computacional, la simbiogénesis, la epigenética, la biología cuántica, la computación biológica y la biología de sistemas.

Como quiera que sea, es imposible hacer buena ciencia sin una base material. La existencia de y la referencia a este principio es quizás el criterio más claro para demarcar la diferencia entre la pseudo-ciencia y la buena ciencia. En el clasicismo la base material de las ciencias exactas o naturales era la física y la de las ciencias sociales y humanas la economía. Esta circunstancia condujo a que se representara en la fantasía de algunos la econofísica (un sueño que a la postre fracasó). Pues bien, gracias a numerosos avances, que son el objeto de un trabajo aparte, pudieron concluir que la de la ciencia es hoy por hoy la biología.

La buena investigación avanza de lo conocido hacia lo desconocido. La mala investigación parte de lo desconocido hacia lo conocido para explicarlo de otra manera. En contraste con esta última, la buena ciencia y la filosofía parten de lo conocido, y consisten en la capacidad para explorar, apostar, retar y desafiar, esto con el fin de ir avanzando en dirección hacia lo que no sabemos, no podemos, no conocemos, no hemos logrado o alcanzado. Es exactamente en este sentido que se habla de recorrer las fronteras del conocimiento, las cuales no son otras que las de la vida misma.

Es posible expresar esta idea de manera sucinta, en el siglo XVIII se desarrolló un concepto para explicar la to-

talidad del universo, el concepto era el de masa o materia. El mérito de Newton consistió en haber mencionado que los cuerpos con una masa menor eran atraídos por cuerpos con una masa mayor y que estos mantenían una relación que estaba mediada por su distancia y el cuadrado de su materia. Es decir, este planteamiento puede reducirse a dos palabras: acción y reacción. Estos principios son explicados después con base en la gravedad.

En el siglo XIX inventaron un concepto de energía que dio lugar a una nueva ciencia, la ciencia del calor o la termodinámica. Los científicos de la época se valieron de esta noción para explicar de otra manera lo que sus predecesores habían esclarecido mediante la de masa. En el siglo XX no ocurrió algo diferente, puesto que el surgimiento de la idea de información brindó un nuevo entendimiento acerca de la capacidad de trabajo de los sistemas vivos.

Por su parte, este planteamiento sirve para ejemplificar lo que sucede entre las cuatro bases nitrogenadas de genes: la adenina, la citosina, la guanina y la timina, pues estas son procesos informacionales de los cuales depende que en el organismo ocurran o no mutaciones genéticas.

Esta manera de comprender la relación entre masa, energía e información fue condensada en la siguiente ecuación:

$$M \in E \in I$$

Esta puede leerse así: la masa se inscribe o integra en la noción de energía que, a su vez, conforma la de la información. Como puede apreciarse, las dos primeras no desaparecen, pues están contenidas en un concepto más grande.

A partir de lo expuesto con anterioridad, pudieron afirmar que el conocimiento tenía sus raíces en la biología y, además, que este era un acto o un proceso biológico. Como lo expresaron los autores mencionados párrafos atrás, en esta idea de origen organicista la vida y el saber son uno.

Es posible rastrear en el organicismo esta relación entre la vida y el conocimiento. Una caracterización aceptable de la dimensión organicista fue definida a partir de su contraposición con el vitalismo, el mecanicismo, el reduccionismo o cualquier perspectiva analítica en la cual este vínculo llegara a desintegrarse.

El planeta es un gran organismo y los cuerpos vivos comportan evolución, cambio, aprendizaje y memoria. En fin, antes que una comprensión física o fisicalista inanimada, es posible entender las cosas a partir de términos morfológicos y procesos termodinámicos alejados del equilibrio¹.

Hay una fuerte tradición germana detrás de esta idea que comprendieron y referenciaron autores como: Jacob Johann von Uexküll, Eduard Suess, Alexander von Humboldt y Goethe. En otras palabras, encontró sus fundamentos en las de las tribus bárbaras antes que en cualquier otras, tribus que en un momento determinado llegaron a considerarse como el pulmón del mundo. En realidad, estas eran cualquier cosa menos bárbaras (como las designaron los romanos [Heather, 2018]) y, por lo tanto, comprendieron a Austria, varias naciones y pueblos próximos.

Los *bárbaros* tenían una perspectiva orgánica del mundo, la naturaleza y los seres humanos, que era, en definitiva, una comprensión bastante alejada y mucho más rica que la que impuso Roma (literal y metafóricamente hablando). Por su parte, América Latina también posee una intelección organicista del mundo y se niega a contraponer al hombre y a la naturaleza.

¹ El libro de Oswald Spengler *La decadencia de Occidente* es un bosquejo de la morfología en la historia universal, por esto, puede ampliar el papel de la fisiología en las ciencias biológicas y la salud.

1.

Vida e información

La vida es un fenómeno físico y, sin embargo, no puede reducirse a la física. Es decir, no si por física pensamos en la física clásica, cuyo fundamento es la masa o la materia. La totalidad del universo es explicado por esta última o la física moderna en términos de masas, esto es, según sus relaciones con otras materias; relaciones en las cuales se tienen en cuenta sus movimientos en inercia, la atracción que ejercen sobre ellas cuerpos con masas mayores o la distancia e inversión de cada una.

En resumen, las masas operan entre sí con base en la acción-reacción. Ante la ausencia de relación con otra masa una materia determinada tiende a entrar en un momento de inercia hasta que *algo* le sucede, y esto siempre ocurre desde afuera.

La masa se fundamenta en el primado de la percepción natural. Es masa todo aquello que se puede ver y tocar. Este concepto tiene una correspondencia intrínseca con el sentido común y una estructura mental muy concreta.

La física moderna, que abarca un periodo de la historia que va desde Galileo hasta Newton, no solo hizo del cálculo un lenguaje a través del cual los físicos podían explicar y observar el movimiento, pues también nombró a la mecánica estadística como un medio idóneo para expresarse.

La teoría cuántica propició un cambio en la física, ya que por medio suyo pudieron descubrirse fenómenos y comportamientos contraintuitivos (que, por su parte, recusaron cualquier comprensión del mundo y la realidad que estuviera fundamentada en los sentidos y la percepción natural). De esta manera, se instauró, con auxilio de un aparato matemático muy refinado, una interpretación totalmente diferente².

² La teoría de la relatividad no supuso una transformación radical de la mecánica clásica, sino su inscripción, ahora como

La física cuántica desvía el foco de atención de forma radical al ocuparse de fenómenos caracterizados por ser alta y gradualmente contraintuitivos y, además, adentrarse en temas como: la no-localidad, la indeterminación, la superposición y el entrelazamiento. La percepción natural no sirve para nada en esta nueva física y, *a fortiori*, el sentido común queda desprovisto de cualquier importancia dentro de su materia de estudio. Dicho en otras palabras, el gato de Schrödinger está vivo y muerto al mismo tiempo.

La concepción de la vida como un programa de investigación científica fue posible gracias a la física cuántica en general y a Erwin Schrödinger en particular. En el libro *¿Qué es la vida?* el físico austríaco se aventura a hacer un análisis de los acontecimientos que tienen lugar dentro de los límites espaciales de un organismo vivo a partir de la mecánica cuántica. Encontrarle una definición a la existencia ha sido una preocupación característica de las ciencias sociales y humanas, sin embargo, el carácter acuciante de esta incógnita llamó la atención de científicos con inquietudes filosóficas³.

Con el tiempo, los científicos entendieron que la vida debía comprenderse y explicarse a través de una estructura mental que le correspondía a la mecánica cuántica. Esta comporta la idea de indeterminación, superposición y no-localidad, tres rasgos que permean a la teoría cuántica. En resumen, la existencia pasó a ser un fenómeno cuántico (Maldonado, 2021).

un caso particular, dentro de un modelo mucho más amplio, este es el de la relatividad.

³ Este libro fue publicado en 1944 y está basado en una serie de conferencias públicas pronunciadas, en 1943, en Dublín.

⁴ Esto engloba a la física cuántica, la química cuántica, la biología cuántica, las tecnologías basadas en principios o com-

Puede decirse que la física cuántica fue condensada en tres ramas de la física, que hasta hoy continúan estrechamente entreveradas, y estas son la mecánica cuántica, la mecánica ondulatoria y el entrelazamiento. La primera, estudia los comportamientos de las partículas; la segunda, de las ondas y la tercera, de las interacciones entre los fenómenos cuánticos.

Con el paso del tiempo, la teoría cuántica llegó a coincidir con la de la información y, a causa de esto surgió la teoría de la información cuántica o el procesamiento cuántico de la información. Esta última trata del estudio de los fenómenos de no-localidad, entrelazamiento y teletransportación.

Conviene subrayar que la ecuación, donde sintetizan las revoluciones de la física, abre de par en par las puertas hacia su entendimiento por dos razones en particular: primero, el hecho de que la vida es un fenómeno físico que no se reduce a la física y segundo, la comprensión de la idea según la cual las raíces del conocimiento se encuentran en la biología.

$$M \in E \in I$$

Esta ecuación puede leerse de la siguiente manera: lo que explicó la materia llegó a comprenderse mejor a partir del concepto de energía que, por su parte, fue permeado por el de la información. Pues bien, la masa se convirtió en el tema principal de la mecánica clásica (siglo XVIII), la noción de energía surgió gracias a la termodinámica (siglo XIX) y la información fue formulada por la física (siglo XX). Dicho de manera puntual, este último concepto contiene, supera y permite discernir el de masa y energía.

portamientos cuánticos y finalmente a las ciencias sociales cuánticas (Maldonado, 2019).

En este punto nos podemos anticipar a una idea que retomaremos en párrafos subsecuentes y es que es posible hablar de una física de los fenómenos inmateriales o intangibles. Dicho brevemente, la vida no puede ser percibida a través de los ojos, es decir, estamos compelidos a aceptar que solo podemos imaginarla, concebirla o crearla

En este sentido, puede decirse que los sistemas vivos son unidades materiales, energéticas e informacionales y, además, que la información contenida por estos debe ser comprendida de una manera totalmente distinta a la que nos brindan las percepciones sensoriales.

La vida, como la salud, es un fenómeno físico, aunque inmaterial e intangible. La teoría de la información y, en particular, su cruce con la teoría cuántica, permite, la emergencia de una física de los fenómenos no materiales. En otras palabras, la vida y la salud deben comprenderse como una propiedad física. Pero esta física ya no es la de Aristóteles, Galileo o Newton. A causa de esto es posible comprender el mundo y el universo de un nuevo modo.

Cabe aquí la siguiente analogía, los ojos no fueron hechos (o no evolucionaron) para ver la luz porque los encandila y los lastima, sin embargo, solo están en la capacidad de observar lo que este agente físico les permite. Asimismo, la vida, que es un sistema incomprensible en el cual va conteniéndose cada vez más información, no puede ser condensada o comprimida de ninguna manera por los sujetos, quienes al verse desprovistos de una clave, una receta o un *joker* no tienen otro remedio que comprenderla mientras la están viviendo.

La vida es un programa informacional y computacionalmente incomprensible. Hay que echarlo a rodar como acontece con la cinta en la máquina de Turing y observar lo que sucede paso a paso. Su ininteligibilidad es quizás uno de sus rasgos inmateriales o no tangenciales más relevantes. En conclusión, solo podemos comprender la existencia en la medida en que transcurre, esto es, en su evolución,

mientras acontece lo contrario con la masa y varias formas de energía, a excepción de la energía potencial.

Recordemos que la información en sí misma es ininteligible, pues solo puede ser comprendida en la medida en que es procesada. Así las cosas, los sistemas vivos se fundamentan en el procesamiento de la información, lo cual implica que cuando nos refiramos a sus cimientos evitemos reducirlos al proceso de la materia o la energía.

La información existe en tanto que y como procesamiento. Dicho de manera escueta, esta no es real y verdadera a menos de que sea sometida a un proceso ininterrumpido. Como se mencionó párrafos atrás, antes de este conjunto de fases sucesivas solo existen datos y después, un conocimiento que es efecto de la información depurada, decantada, interpretada o transformada.

En el metalenguaje de la biología y la medicina el procesamiento de la información se semeja al de la metabolización. Por su parte, este proceso y la homeostasis ocurren de forma paralela, concomitante y entrelazada. Sin duda, un procesamiento de la información mucho más amplio y óptimo prolonga la vida e igualmente, aumenta la vitalidad de los individuos.

De acuerdo con Maldonado (2020a), los marcos de la segunda y la tercera revolución científica, junto con sus aproximaciones, hicieron posible que la vida fuera advertida como el procesamiento de la información cuántica. Este logro fue producto del desarrollo: de la física cuántica, la química cuántica, las tecnologías basadas en principios o comportamientos cuánticos, la biología cuántica y, recientemente, las ciencias sociales cuánticas. A causa de esto, Shannon y Weaver concibieron en la década de los cuarenta una teoría a partir de la cual pudieron explicar las peculiaridades de los seres vivos y el origen de la vida. De este entrecruzamiento también resultó la computación cuántica, la criptografía y un avance significativo en la vida artificial.

Conviene subrayar que la información es un concepto en el cual se encuentran encajonados el de energía y materia, porque sería de necios afirmar algo que ya está implícito y es que los sistemas vivos procesan a estas dos últimas nociones. Esto mismo ocurre con la homeostasis y un buen proceso metabólico, puesto que están subordinados a un adecuado procesamiento de los datos.

En los siguientes párrafos vamos a hablar acerca de las raíces biológicas del conocimiento humano, pese a que es más amplio el estudio actual sobre los procesos de informacionales en otros sistemas vivos. En esta investigación se refieren a las bacterias, las plantas, los peces, los animales terrestres e, incluso a la biosfera como un todo. Esta afirmación es bastante interesante, así que será abordada en otro texto.

En verdad, la biología cuántica ha logrado avances enormes en la comprensión de los comportamientos de diversos seres vivos. Por ejemplo, llegaron a establecer que los efectos cuánticos no solo eran posibles, sino que se mantenían en sistemas húmedos, calientes y pegajosos; examinaron con atención que estos efectos podían explicar procesos vitales tan variopintos como la olfacción, la vista, la magnetocepción y la fotosíntesis e igualmente, observaron que en la membrana celular había un tunelamiento cuántico en los procesos de captación y transformación de energía (iones).

Lo anterior, nos permite afirmar que los biólogos cuánticos poseen conocimientos diferentes a los de los físicos cuánticos porque han empleado herramientas de la teoría cuántica para el estudio de fenómenos que involucran a los organismos vivos.

Para adentrarnos en lo tocante con las raíces biológicas del conocimiento humano es preciso entender dos momentos en paralelo: el origen de la información y su transmisión. Fourier (1811) logró que el marco de la termo-

dinámica se semejara a lo que aprendimos acerca de la Ley de la conservación de la energía al sostener que la información no se creaba ni se destruía solo se transformaba.

Esto mismo ocurre en la historia de los seres humanos y la del universo, porque ambas pasan por un proceso de transformación incesante que las conduce a dejar un procesamiento de la información y adoptar uno diferente.

Ahora bien, las unidades de transmisión de información en el organismo humano son las neuronas. La consideración de estas células nerviosas supone la de las unidades de procesamiento de información. En un tiempo dijeron que los sujetos tenían una unidad central que procesaba los datos como un computador (CPU) y, obviamente, estaban refiriéndose al cerebro. En las neurociencias estándar explican aún el funcionamiento de las neuronas en términos de *on* y *off*.

De una comprensión semejante resultó formándose y consolidándose una larga y fuerte tradición encéfalo-céntrica, que era una expresión biológica que representaba la propensión del pensamiento occidental por la razón y el lenguaje predicativo. Este es un sistema de comunicación verbal en el cual lo más importante son los individuos que intervienen y los predicados que los afectan.

Las neurociencias también hicieron del cerebro (el más complejo de todos los sistemas en el universo) su eje principal. El encéfalo-centrismo se tradujo como el dualismo mente-cuerpo y a través suyo dieron por cierta la escisión entre la salud física y la mental. Es necesario recalcar que la ciencia normal no parece haber resuelto este problema y mucho menos las políticas públicas (como las de la salud).

En la tradición encéfalo-céntrica se llevó a cabo una reflexión intensa acerca del sistema nervioso central, el sistema nervioso periférico, los canales y los procesos aferentes y eferentes. El mundo acontece por entero en el cere-

bro que, por lo demás, no es un órgano, sino una glándula, glándula que dentro de sí contiene a otras.

El cometido del cerebro es secretar impulsos químicos que a la postre son impulsos eléctricos. Desde antaño les han adjudicado tanto a estos como a los procesos y flujos electromagnéticos la producción del pensamiento. No obstante, debe mencionarse que algunos científicos erraron cuando indicaron que tenía un sesgo físico-químico porque se trata evidentemente de un reduccionismo fisicalista.

Un prestigioso neurocientífico le atribuyó al cerebro la creación de los seres humanos. No obstante, la realidad es que “el cerebro no empieza a forjar una mente consciente en la corteza cerebral, sino que lo hace más bien en el tronco encefálico” (Damasio,2010, p. 47).

Los seres humanos dependen esencialmente de dos grandes glándulas que son el cerebro y el estómago. Lo que se produce en su interior no solo son impulsos químicos o eléctricos, sino secreciones. Sin embargo, el tamaño del primero es considerable con respecto al segundo porque dentro de sí contiene a otros órganos, cuya función es elaborar y segregar sustancias primordiales para el funcionamiento del organismo.

1.1. Breve interludio

El universo tiene su propio alfabeto y está compuesto por 118 símbolos. Este conjunto es curioso porque comienza por la letra H (hidrógeno) que es sucedida por He (helio). Los elementos continúan articulándose a los demás de acuerdo con su número atómico, configuración de electrones y composición química, por ejemplo, gases livianos, gases pesados, metales livianos y pesados. Estoy refiriéndome, desde luego, a la tabla de elementos periódicos propuesta, por el científico ruso, Dimitri Mendeleiev en 1869⁵.

La escasez y la abundancia de los elementos sintéticos o naturales, en este alfabeto, permite que se traiga a colación la ecología de los elementos químicos. La mayoría fueron creados durante la primera y segunda generación de estrellas. El más abundante de todos es el hidrógeno que surgió después de la Gran Explosión o *big bang*, aunque para ser más precisos luego de la fase inflacionaria, que es subsecuente a la del plasma. Los seres humanos y la vida en general (o bueno hasta donde la conocemos) descienden de los cuerpos celestes que, además, son fábricas de energía. Hay más estrellas en el universo que granos de arena en la playa.

Aunque en este punto hemos comenzado a descubrir y explicar la estructura material del universo como lo conocemos, es imperativo resaltar que está compuesto por un 4 % de materia bariónica y un 96 % de materia o energía oscura.

La realidad está conformada por 118 elementos y sus respectivas combinaciones, así como acontece con el español (seleccionado en este caso por su vastedad, hon-

⁵ A pesar de que la gran mayoría de estos elementos son naturales, hay unos cuantos que son sintéticos.

dura y riqueza) que se compone de veintiséis letras concertadas conforme unas reglas determinadas.

En esta combinatoria de veintiséis elementos tienen lugar vacíos, silencios tácitos, dobles sentidos y comparaciones, que en antaño formaron parte de la retórica y hoy de otras lógicas. Cabe recordar que a partir de su concertación han podido llegar a concebirse, por ejemplo, los versos de Quevedo y Vallejo, los haikus de Paz, la primera novela moderna, *Don Quijote de la Mancha*; *Cien años de soledad*, los cuentos de Rulfo y las crónicas de Guamán Poma. Esto sin dejar de lado al lenguaje empleado en la cotidianidad y sus matices locales, porque dotan a la existencia de un haz singular.

Esto puede aplicarse sin dificultad a cualquier idioma, lengua o lenguaje que esté dentro de alguna de las tantas familias lingüísticas existentes en la actualidad. Por lo demás, la escritura creativa relleva que cada uno de estos símbolos trasciende al conjunto creciente de palabras y reglas gramaticales, sintácticas y semánticas las cuales buscan constreñirlos, entre muchas razones, para que los sujetos puedan llegar a probar su nivel de dominio de una lengua extranjera y, así obtener una certificación (B1, B2, entre otros).

La combinación de un conjunto de símbolos empleados en un dialecto, lengua, lenguaje o idioma puede ser en sí misma una experiencia singular del mundo y el universo, una forma única de amar, sufrir, experimentar paisajes y vivencias. Las múltiples dimensiones de la lingüística son el resultado de combinatorias matemáticas.

En la base de la estructura, las dinámicas y los procesos del universo se encuentran 118 elementos, cuyas conexiones son explicadas a través de enlaces simples, dobles, covalentes, entre otros. Como lo mencionamos anteriormente, sus concertaciones son producto de la matemática combinatoria o de la complejidad. Esta rama de las matemáticas puede ser definida como un sistema comple-

jo que comporta aspectos y elementos que difieren de los adoptados por los sistemas dinámicos.

Por lo que se refiere a la vida podemos decir que es el más complejo de todos los fenómenos conocidos e imaginables. Esto quizás sea porque comprende a la existencia tal cual es e igualmente, como la concebimos en nuestro imaginario. La distinción entre la realidad y la fabulación surgió a partir de una colaboración entre un programa de investigación filosófico y la vida artificial⁶.

De acuerdo con la química, esto se debe a que los procesos combinatorios toman su forma de diversos enlaces como los simples, dobles, covalentes, de Van der Waals, entre otros; enlaces que desencadenan una serie de reacciones a partir de las cuales se introduce en el universo la flecha del tiempo, esto es, la asimetría entre el pasado y el futuro.

Continuemos hablando acerca del alfabeto del universo conocido y por conocer, pues es preciso mencionar un aspecto de gran relevancia. Este conjunto está establecido con todo y que existen algunos elementos desconocidos hasta la fecha, es decir, ya tienen asignado su lugar dentro de la tabla periódica. Esto aconteció con los elementos 113, 115, 117 y 118 (ununtrio, ununpendio, ununseptio y ununtonio), pues les otorgaron una posición permanente en la tabla periódica, aun cuando no se sabía con exactitud cuál era su peso atómico, sus valencias y su punto de fusión.

No existe ningún componente ontológico o hilético que posibilite el establecimiento de las diferencias entre los seres vivos e inertes. Sirva de ejemplo, un niño, una anciana, una joven, los animales de un parque o un zoológico, lo que vemos cuando vamos a un centro comercial o en nuestros hogares, pues todos tienen las mismas combinaciones. Las distinciones estriban en los grados o las

⁶ Este campo fue fundado por Christopher Langton.

gradientes, sus propiedades cualitativas o referentes con su organización, pongamos por caso a una persona que posee menos radón o a un producto lácteo con una menor cantidad de molibdeno. Esta es solo una conclusión parcial.

Los sistemas vivos fueron explicados clásicamente a partir de procesos, estructuras o fenómenos físico-químicos. Sin embargo, la importancia de esta estructura mental no le impide a Abbot et al. (2008) resaltar su carácter reduccionista y enunciar que es innecesario examinar una concepción que simplifica, exageradamente, algo tan complejo como los organismos vivos.

El alfabeto del universo es conocido en toda su amplitud y, por esto, evidenciamos que sus reglas no están fundamentadas en la físico-química o la bioquímica. Por el contrario, su lógica está cimentada en la cuántica o en un cruce maravilloso entre la física cuántica, la biología cuántica y la química cuántica.

En este punto, el camino se bifurcó porque algunos dirigieron su mirada hacia la biología cuántica y otros en dirección a la química cuántica. Esto ocurrió, a pesar de que el origen de ambas era la física. En este texto en particular sostenemos que la cuántica es la raíz, principio y origen de la biología y, en consecuencia, del conocimiento.

Por lo pronto, el contexto de este trabajo nos invita a enfocarnos en la biología *sensu lato* e igualmente, a ir desarrollando unos conocimientos básicos en química cuántica. Lo anterior, con el objetivo de lograr una mayor comprensión de las líneas subsecuentes.

2.

Unidades de información biológica

Vivimos en una época en la cual los avances referentes con la *scientia* han sido cuantiosos y significativos. Hasta hoy no se habían considerado como cimientos de la ciencia a las redes del conocimiento y de la cooperación. Los procesos de aprendizaje horizontales y el surgimiento de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) sirvieron de sustrato para que estas se fortalecieran y estuvieran más activas que nunca.

En las redes del conocimiento y de la cooperación están siempre en primer lugar los nodos, es decir, los científicos o académicos destacados. Sin embargo, este también puede ser un entramado de universidades, institutos y otros centros educativos. En este sentido, todos podemos llegar a contribuir de diversas maneras en su ampliación y dinamismo.

Sin embargo, los más importantes no son los nodos que se encuentran en el centro de las redes, sino los nodos periféricos, ya que en estos tienen lugar la novedad, la innovación y la creatividad (Granovetter, 1973). Este tema está correlacionado con el de los nexos débiles, debido a que al hallarse en la parte externa de los ecosistemas permiten que se lleven a cabo conexiones con otros espacios y estructuras.

Todo lo referido en el párrafo anterior es un asunto sensible por su complejidad, sus numerosas implicaciones y traducciones a varios dominios. La razón estriba en que los nexos débiles constituyen un sistema compuesto por partes, de cuyo entrelazamiento o interconexión resulta una información adicional, que no es perceptible y reclama la ejecución de nuevos vínculos con dinámicas, formas, experiencias y espacios diferentes.

Cuando hablamos de los nexos débiles nos estamos refiriendo a un oxímoron, porque estos complementan a los periféricos y pasan a ser el punto neurálgico de las redes. Algo similar ocurre con el electrón, debido a que este no acontece en el núcleo del átomo, sino que se distribu-

ye a su alrededor y forma la llamada corteza o envoltura electrónica⁷.

Los electrones están exactamente en la base de la química y permiten que se lleven a cabo enlaces de diversa índole: simples, dobles, covalentes, de Van der Waals, entre otros. En principio, los saltos cuánticos son movimientos efectuados por los electrones⁸.

Las neuronas transmiten información de forma química y eléctrica (aunque a la final todo impulso químico es eléctrico). Los neurotransmisores desempeñan un papel sumamente importante en este proceso, así como la *interface* lo hace en el mundo interior y exterior. Por ejemplo, la acetilcolina está asociada con el aprendizaje, la memoria y la coordinación de los movimientos musculares (motricidad fina y gruesa); las endorfinas alivian el dolor y tienen un efecto relajante en los individuos; la dopamina puede ser relacionada con las sensaciones placenteras y el pensamiento y, por último, la serotonina genera empatía, controla el estado de ánimo, el apetito y la digestión, empero, también se aúna con la piel o ese enorme tegumento extendido sobre el cuerpo de los seres humanos.

Ahora bien, todo impulso químico es eléctrico y todos los fenómenos eléctricos pueden comprenderse esencialmente a partir de principios o comportamientos cuánticos. La física cuántica estudia los fenómenos relacionados con la energía, mientras que la teoría cuántica permite una

⁷ Los electrones son la unidad fundamental de los principios y los comportamientos cuánticos.

⁸ El núcleo del átomo es como la reina de las abejas o las hormigas porque permanece confinado dentro de una partícula indivisible y de pequeñez extrema. Este también desempeña el rol de obrera, exploradora y aventurera, ya que sostiene a la colmena o al átomo cuando concentra la mayoría de su masa y toda la carga positiva.

comprensión de la biología que tiene como resultado el surgimiento de la biología cuántica, la cual consiste en el estudio de los procesos, efectos y comportamientos cuánticos en los sistemas vivos.

Todo este marco y, en especial, el reduccionismo propio de la tradición encéfalo-céntrica, nos permite afirmar hoy con total legitimidad que el organismo humano tiene tres cerebros y estos son: primero, el sistema encefálico que clásicamente fue considerado como la unidad central de la mayoría de los animales; segundo, el sistema nervioso entérico del cual se tuvo conocimiento por primera vez en 1984 y ha sido objeto de inconmensurables estudios y tercero, el corazón al que le restaron importancia antes del 2018 porque lo consideraban como un músculo o un órgano más. En la actualidad, reconocemos que este es una red intrincada de ganglios complejos: neurotransmisores, proteínas y células de apoyo; un órgano que nos conduce a tomar decisiones al ser capaz de experimentar sensaciones y sentimientos.

El cerebro o el sistema encefálico es una abstracción, sin embargo, esto no implica que deba ser considerado por separado. Este se compone de tres unidades que son: el sistema nervioso central, el sistema inmunológico y el sistema endocrino. Las cuales se caracterizan por ser inseparables a tal modo que es imposible realizar una explicación acerca de una en particular sin tener en cuenta a las otras dos.

La siguiente exposición acerca de los tres cerebros está estructurada a partir de su orden de aparición y temáticas.

1. El sistema encefálico no es un órgano, sino una glándula compleja que dentro de sí contiene a otras glándulas, además, está articulado por tres cerebros entre los cuales se encuentran el reptiliano, el sistema límbico

y el neocórtex. A su vez, está dividido en dos hemisferios que se encuentran unidos por un *corpus callosum*.

Este contiene aproximadamente cien billones de neuronas. De las cuales muchas pasan por un proceso que es conocido como neurogénesis o proliferación de nuevas células nerviosas. Por ejemplo, los factores ambientales hacen que el cerebro del feto se renueve un 80 % justo antes de nacer, es decir, sea uno cuando está en el vientre de la madre y otro totalmente diferente cuando sale al mundo exterior⁹.

La importancia evolutiva de este sistema es de tal magnitud que llegó a ser la única parte endoesquelética del organismo de los seres humanos y otros mamíferos. Baste, como muestra el cuerpo de un niño de ocho años, porque, a pesar de su corta edad, las células de algunos órganos (entre los cuales se encuentran la piel y el estómago) ya han pasado por este proceso de renovación decenas o centenares de veces.

2. El sistema entérico se corresponde en rigor con el intestino grueso, cuyo núcleo está constituido por la microbiota (flora intestinal).

El intestino es morfológica, termodinámica y fisiológicamente el primer cerebro que se forma después de la unión cigótica, es decir, justo cuando el organismo se encuentra en las primeras etapas de su desarrollo. Es importante mencionar que alrededor de este no

⁹ El tiempo que tarda una neurona en regenerarse es de siete años.

solo va tejiéndose la columna vertebral, sino acaeciendo el crecimiento del embrión.

El sistema entérico está compuesto por cien millones de neuronas. A este hallazgo se le adjudica la unión entre el cerebro y el intestino. Enfermedades como el Alzheimer son ocasionadas por infecciones y problemas en la microbiota intestinal, debido a que la salud de los seres humanos depende considerablemente de este conjunto de microorganismos en el intestino grueso.

El 95 % de la serotonina del cuerpo la produce el sistema entérico, aunque para ser más específicos la encargada de hacerlo es la microbiota intestinal. Es relevante mencionar que este le manda un mensaje al cerebro diciéndole qué sentir y este, a su vez, al cuerpo indicándole cómo actuar o comportarse.

El sistema entérico y el sistema encefálico mantienen una comunicación constante a través de canales entre los cuales se destacan el nervio vago izquierdo y derecho. Este trato se lleva a cabo por medio de señales endocrinas e inmunológicas y ,además, de un tipo de intercambio que no es local.

3. El corazón está compuesto por una compleja red de ganglios, neurotransmisores, proteínas, células de apoyo y cuarenta mil neuronas que lo hacen capaz de recordar, aprender, sentir y decidir. Sin embargo, por su reducida cantidad de células nerviosas también es conocido como pequeño cerebro. Es cualquier cosa menos un órgano porque le comunica al sistema encefálico las decisiones que debe tomar y este, a su vez, le dice cómo actuar.

No fue hasta octubre de 2020 que lograron obtener la primera imagen en 3D del corazón; imagen que amplió los conocimientos previos acerca de su estructura y funcionamiento.

Las tres unidades procesan la información en términos de no-localidad y trabajan de forma paralela. Entre estas ninguna se destaca por ejercer una mayor influencia sobre las demás porque están correlacionadas y, en consecuencia, tienen injerencia en sus funciones: el intestino grueso dirige los pensamientos del cerebro que, a su vez, encauza las acciones de esta porción tubular del aparato digestivo; el corazón controla los sentimientos del cerebro, mientras este centro nervioso orienta los actos de este músculo encargado de bombear sangre rica en oxígeno y nutrientes al resto del cuerpo y el sistema entérico determina los sentimientos del corazón que, al mismo tiempo, rige sus decisiones.

Contrario a lo que creía en antaño, la mente no se encuentra en un solo lugar (el sistema encefálico), sino que abarca todo el organismo, esto es el cerebro, el cuerpo, el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico.

Este panorama nos lleva a formularnos las siguientes preguntas, ya sea por curiosidad o escepticismo: ¿cabe la posibilidad de que tengamos otros cerebros?, ¿en qué partes del organismo podrían estar? sin embargo, las respuestas quizás surjan en un futuro que no es tan lejano como pensamos, pues los avances en la investigación han sido asombrosos en las dos últimas centurias¹⁰.

¹⁰ Las neurociencias nacen y se perfeccionan durante el siglo xx, el sistema entérico es descubierto en 1984 y de este surge la neurogastroenterología y en octubre del 2020 obtienen la primera imagen en 3D del corazón.

El hígado posee un neuroeje y actúa como un sistema sensor y efector, que está influido por señales neurológicas y ablación, sin embargo, hasta la fecha no ha sido considerado como un cerebro. A esto se suma que muchos investigadores hablan con precisión acerca de la neurobiología de este órgano.

Si llegara a instituirse al hígado como el cuarto cerebro tendría que hablarse de un arco neural entre esta víscera voluminosa, el cerebro y el intestino grueso. Sin embargo, hasta hoy se desconoce la cantidad de neuronas que posee.

No obstante, lo que sí puede decirse sin ninguna dificultad es que el sistema nervioso autónomo tiene una gran influencia en el sistema cardiovascular, los riñones, el hígado, el páncreas, el tracto gastrointestinal y las glándulas.

Es imposible pensar sin el cuerpo o al margen de este porque es el *locus* del conocimiento y, además, constituye la unidad orgánica de la vida y la salud. Cuando lo observamos de esta manera podemos comprender que no existe una dicotomía entre la salud física y la mental.

El cuerpo es la representación de nuestros pensamientos y experiencias, según lo expone la kinésica o la proxemia. En este sentido, la distinción entre la estructura física de los seres vivos y la mente es cuestionable, porque el cerebro toma las señales corporales provocadas por las circunstancias o los acontecimientos vividos para interpretarlas y transmitir esta información al resto de los órganos, que las convierten en sentimientos y sensaciones.

El término *embodiment* fue acuñado por Varela, Thompson y Rosch (1992) para designar que el conocimiento pende de las experiencias derivadas de poseer un cuerpo con unas capacidades sensorio-motrices, que están vinculadas íntimamente con el ambiente. Esta teoría de la cognición corporizada tiene un enfoque enactivo, es decir, el saber es la raíz de nuestra relación orgánica con el mun-

do y el conjunto de los sistemas orgánicos, que constituyen un ser vivo.

Esto da cuenta de una comprensión de las neurociencias en la cual señalan a la parte física del ser como la responsable de su naturaleza material o sensible y, en consecuencia, inferen que el cuerpo las contuvo antes que el cerebro mismo.

El conocimiento no solo está situado en la parte física del ser, sino que lo abarca en toda la extensión de la palabra, esto es porque lo interpela, es la raíz de su origen y lo usa como un medio para expresarse. Es importante referir que el saber solo puede transformarse en y como cuerpo o cuerpo-mente.

Otro término idóneo para hablar sobre este tema es el de *enactment*. Cuando Francisco Varela publicó *Ética y acción* (1992) lo empleó para referirse al proceso mediante el cual algo que es repetido con tenacidad tiende a convertirse en ley. A este se suma, un nuevo sentido que hace referencia a la labor del actor, quien interpreta a un personaje (*performing*) y hace que todas sus acciones parezcan creíbles.

Cuando Varela escribió y publicó *La habilidad ética* (2000) definió esta rama de la filosofía como enacción de la sabiduría (que prima sobre la razón). En alemán existe la diferencia entre *Körper* y *Leib*. El primero, es sencillamente cualquier cuerpo físico y el segundo, cualquier cuerpo viviente. No obstante, en español esta distinción no existe entonces son empleados giros y rodeos igual que en la lengua inglesa.

En resumen, el ser humano posee tres cerebros o centros de procesamiento de información que interactúan constantemente de forma no lineal. El sistema encefálico puede llegar a ser suspendido y neutralizado de forma temporal. Es lo que sucede, por ejemplo, con la industria del entretenimiento que pone en un segundo o tercer plano a las funciones cognitivas e igualmente, con las drogas psico-

trópicas y el alcohol que les impide a los individuos recordar, atender, reflexionar, etc. Dicho de manera escueta, es posible dejar de pensar.

Esta observación es fundamental, pues permite poner de manifiesto un hecho esencial en la vida de los seres humanos. Contrario a lo que sostienen filósofos como Descartes y Kant el ser humano no es (un ser) racional. Gran parte de la existencia humana transcurre en piloto automático y el trabajo con el neocórtex se constituye para una inmensa mayoría en una excepción antes que en una regla.

De acuerdo con el atavismo, los seres humanos llevan su vida con base en el cerebro reptiliano y el sistema límbico. En el existencialismo destacó Sartre porque sostuvo que los hombres primero existían y luego, si era necesario pensaban. En este caso la proposición *la existencia precede a la esencia* nos permite invertir la visión del racionalismo occidental al plantear que no es inherente a la vida el pensar.

Desde tiempos inmemoriales los seres humanos se han caracterizado por tener un inmoderado y excesivo amor hacia sí mismos, que los conduce a atender desmedidamente a sus propios intereses y, a lo sumo, a otras emociones. Para los hombres no solo prima el cuidado de la hembra, el macho, los críos y el territorio, sino una existencia fundada en las alteraciones del ánimo, que van acompañadas de cierta conmoción somática y representan sus maneras de adaptarse a diferentes lugares, personas, acontecimientos o sucesos relevantes. En consecuencia, no es disparatado afirmar que las funciones intelectuales (neocórtex) son episódicas en la cultura.

Lo anterior no supone una visión pesimista o negativa, pues le confiere una mayor potencia a armas vitales como la educación, la ciencia, la filosofía y las artes, que buscan desplegar las capacidades cognitivas de los seres humanos. Este despliegue supone que se depuren de los

conceptos y los argumentos todas las creencias que buscan ralentizar o vetar el desarrollo de las funciones cerebrales, tan necesarias para adquirir conocimiento, tratar la información y razonar.

La educación (que es praxis, reflexión y acción del hombre sobre el mundo para transformarlo) logra que estas funciones intelectuales no sean acciones secundarias y, en consecuencia, la vida inteligente conquiste un lugar esencial en lo referente con la activación de los dominios cognitivos en todos los ámbitos de la vida.

El sistema encefálico (SNE) puede ser suspendido, sin embargo, los otros dos cerebros no. Esto es imposible aun cuando dormimos, hacemos deporte, estudiamos o simplemente reposamos. El sistema entérico y el corazón se mantienen activos todo el tiempo porque solo a través suyo es posible sentir y experimentar todo cuanto acaece en la interfaz entre el organismo vivo y el medioambiente.

En efecto, no es desacertado decir que las primeras funciones del sistema encefálico son dar cuenta del mundo e igualmente, conseguir que las acciones y los comportamientos de los individuos concuerden con las dinámicas observadas. Por otra parte, la principal tarea del sistema entérico es la de observar al propio organismo incluso si el cerebro no lo sabe.

El sistema entérico nunca cesa de reportarle al propio organismo sus condiciones, sin embargo, la dificultad estriba en que el pensamiento occidental jamás fue formado para escucharlo y, en consecuencia, los individuos suelen dirigir su atención hacia este cuando ya demasiado tarde.

El sistema entérico no solo le comunica al organismo su propio estado. Por ejemplo, las dificultades para respirar, la tos, la expectoración escasa y espumosa o los silbidos le avisan al individuo que está padeciendo de una enfermedad en los bronquios. Por otra parte, este también hace que empiece a existir en el interior de cada individuo

un centro de sabiduría que es mucho más grande y profundo de lo que solemos creer. El SNE sabe bien lo que es la inmanencia, mientras el encefálico al estar volcado hacia el exterior solo se preocupa por la trascendencia, en el sentido literal de la palabra.

El corazón hace de mediador, por así decirlo, entre el sistema encefálico y el sistema entérico, el mundo exterior y el mundo interior. El tercer cerebro es el que se encarga de interceder en la inmanencia y la trascendencia.

3.

**Un cerebro, dos cerebros,
tres cerebros**

El universo entero (incluido el organismo) está constituido y mediado por signos y señales. Como lo menciona Maldonado (2020b), todo cuanto acontece en este es, a su vez, un proceso incesante de creación, lectura e interpretación de elementos dotados de unidad y carga informativa. Cada uno de estos procesos entra en un curso de fundación recíproca con otros sistemas de signos y señales. El cosmos es una fantástica polifonía marcada por armonías, contrapuntos, combinaciones de escalas, juegos de sonoridad y silencios¹¹.

Ahora bien, el tamaño y la complejidad de un organismo vivo como el cuerpo está lejos de ser evidente, aunque sepamos gracias a la anatomía y la fisiología que se compone de órganos que están agrupados en diversos sistemas. De esta suerte, su entrelazamiento y carácter complicado tiende a aparecer en forma de indicios, lenguajes o modos de comunicación aislados¹².

Esta complejidad es la que permite y exige al mismo tiempo que se efectúe una combinación entre los mensajes neuronales, endocrinos e inmunológicos. El entrelazamiento puede llegar a acontecer de múltiples maneras y, por ende, contener una gran diversidad de significados. Por ejemplo, esto puede ocurrir cuando la señal de alguno no es recibida o interpretada a cabalidad y, en consecuencia, los otros dos deben aunarse para retransmitir la información.

Es fundamental atender a lo siguiente, las formas de comunicación entre los tres tipos de mensajes tienen lugar al mismo tiempo y no acaecen de manera local, secuencial,

¹¹ Para los seres humanos es un asunto de vida o muerte el hecho de participar en estos tres estamentos e igualmente, de generar otros sistemas de signos.

¹² Este conocimiento solo da cuenta de que nuestra estructura mental es reduccionista por causa de la tradición.

jerárquica o lineal. Esta simultaneidad, que se fundamenta en el paralelismo, la no-localidad y la distribución, se denomina como hipercomputación biológica¹³.

El organismo humano es polígloto porque el sistema nervioso usa neurotransmisores para informar y comunicar, el sistema endocrino hace lo mismo a partir de las hormonas, el sistema inmune emplea proteínas que pasan entre unas células y otras (como las citoquinas y las quimioquinas las cuales forman parte de la familia de las citosinas).

Los tres cerebros son centros de procesamiento de la información y están distribuidos en el organismo humano, funcionan de manera paralela y ,además, se complementan entre sí. La vida es un refinado sistema de información y, *a fortiori*, también lo es la salud.

Estas tres clases de mensajes admiten y requieren de otras particularizaciones como las hormonas esteroides, sintetizadas a partir del colesterol; los andrógenos, estrógenos, progestinas, glucocorticoides, miralocorticoides y la vitamina D. En este punto, podríamos mencionar otras de sus características, pero por ahora nos vamos a concentrar en un tema diferente.

El sistema encefálico ha sido determinante en la creación de la cultura humana, esto es en toda la extensión de la palabra. Sin embargo, la tradición clásica propició una contraposición entre la cultura y la naturaleza y, en consecuencia, los occidentales comenzaron a concederle una importancia exacerbada a la primera. El descuido sistemático de la segunda se convirtió en una razón potente para que ninguna de las aristas referentes con la biología (como la epigenética) refutara la existencia de esta oposición¹⁴.

¹³ Modo en que los sistemas vivos procesan la información.

¹⁴ La epigenética tiene raíz en los organismos humanos, los animales y los vegetales.

Ahora bien, el descubrimiento de los otros dos cerebros vino a establecer un balance armónico entre la naturaleza y la cultura, teniendo como consecuencia la superación de este dualismo. Por otra parte, la unidad orgánica de los tres cerebros y la nueva comprensión de la epigenética, como una doctrina que está ligada con una amplia gama de aristas que integran y definen a la biología, relievan que estas dos categorías, en realidad, son una misma.

Para cada uno la expresión más directa e inmediata de la naturaleza es su propio cuerpo. Esta parte física del ser, que es la representación corpórea del conjunto de todo lo que existe, ha sido inadvertida porque la tradición occidental condujo a los seres humanos a no escucharla hasta cuando ya es demasiado tarde, es decir, aparece un dolor intenso o algún malestar. En este sentido, podemos decir que el *leib* nunca nos miente, mientras que el cerebro (percepción), a veces, nos engaña.

Estos tres cerebros no solo definen la complejidad de los seres humanos, sino que hacen que la biología sea más enrevesada al englobar una cantidad considerable de aspectos. A partir de esta tríada también puede obtenerse una comprensión integral de sistemas vivos como las plantas y los animales. Por ejemplo, han descubierto que sus diferencias solo consisten en grados y gradientes y que estos únicamente poseen similitudes portentosas debajo de sus capas.

Por otra parte, los descubrimientos realizados en un plano tienden a generar un impacto en los demás. Esto acontece con algunas de las avenidas que convergen en el cruce de la comprensión de la vida, como son la neurofisiología de las plantas, la epigenética, la etología y la biología cuántica, pues los hallazgos o los retrocesos relacionados con alguna causa de inmediato un efecto mayúsculo en el resto.

En este punto, estamos alcanzando una comprensión general de los procesos referentes con los sistemas vivos; una comprensión que no es holística porque no está

al margen de las partes que los componen. Esta serie de justificaciones van surgiendo a través de la interdisciplinariedad, es decir, de un estudio de las ciencias de la vida en el cual cooperan las ciencias de la salud, las ciencias sociales y humanas.

Este entendimiento, que comienza a cobrar fuerza a finales del siglo xx y comienzos del XXI, representó una transformación intelectual que supuso la emancipación de un acervo cultural que entorpecía el estudio acerca de la naturaleza de la vida o de los seres vivos en sus distintos aspectos. No obstante, esto se logró con ayuda de otras disciplinas como:

La organización molecular, estructural y fisiológica de los organismos, la diversidad de los seres vivos o biodiversidad de las relaciones de estos con el medio ambiente, en forma de sistemas ecológicos; las formas de reproducción y transmisión hereditaria, el origen y evolución de la vida en el planeta Tierra, etc. (González, 2011, p. 5)

Por otra parte, la información es sometida a una serie de operaciones programadas que ocurren de forma paralela o en triple core, es decir, no existe un único centro que se encargue de su procesamiento. Tenemos que comenzar a pensar que los sistemas están distribuidos, son emergentes y, además, susceptibles de sufrir fenómenos como la no-localidad. El lenguaje para abordar este tema no puede ser otro que el de la complejidad y la teoría cuántica.

Según la neurología, la neurogastroenterología y el enactivismo, el organismo vivo dispone, como es el caso de los seres humanos, de tres cerebros que se encuentran estrechamente conectados. Esta interconexión y correlación son las causantes de que el cuerpo y la mente conformen una unidad más sólida e indivisible de lo que jamás se pensó.

Las neuronas están regadas por todo el cuerpo, aunque se encuentran en el interior del sistema nervioso central y periférico, aferente y eferente, simpático y parasimpático. Como es sabido estas células nerviosas son las más largas en un organismo vivo y existen tres tipos: las motoras, las sensoriales, las interneuronas o multipolares. Cada una de estas puede ser contemplada como un componente material al que le es propia la integración de los tres cerebros¹⁵.

A este panorama se suman algunos descubrimientos asombrosos que aparentemente no tienen mucho que ver con los planteamientos expuestos párrafos atrás. En menos de dos o tres lustros logramos avances que ampliaron nuestra comprensión de los sistemas vivos. Estos nos maravillaron por largo tiempo, ya que nos permitieron tener un mayor caudal de saberes acerca de las plantas y los animales, por ejemplo, las aves duermen durante el vuelo cuando se encuentran migrando, las plantas tienen por lo menos veinte sentidos, los peces del océano pueden oler un cuerpo a una distancia aproximada de 2,5 kilómetros, los pulpos huelen con sus tentáculos y los perros poseen más de 220 millones de receptores en la nariz, etc¹⁶.

La teoría que mejor explica el mundo, la realidad, la naturaleza, el universo o la vida misma, como se prefiera, es la teoría cuántica. Esta fue verificada hasta el onceavo decimal (0,00000000001) lo cual la hizo una de las más testadas en la historia de la humanidad. Sin embargo, este

¹⁵ El sistema nervioso central y periférico, el aferente y eferente, el simpático y parasimpático no solo se encuentran organizados estructuralmente alrededor de la columna vertebral, sino que parten de ella.

¹⁶ Estos progresos fueron el resultado de una cadena originada, en 1944, por Schrödinger.

galardón no es el único que posee porque también llegó a ser falseada en exceso.

En el tercer decenio del siglo xx tuvo origen la biología cuántica. Esta se encarga de estudiar las razones por las cuales se hallan comportamientos cuánticos en la base de los procesos, las dinámicas y las estructuras que antes eran comprendidas mediante términos anatómicos, fisiológicos, termodinámicos, patológicos, semiológicos, etc. De ahí que no nos resulte descabellado afirmar que es posible explicar la vida sin caer en reduccionismos de tipo físico-químico.

Por otra parte, puede decirse que la olfacción es uno de los sentidos menos estudiados a pesar de que nos permite tener nuestras primeras experiencias del mundo y la realidad. Esto nos hace preguntarnos si su desarrollo en los seres humanos también es inferior. Sin embargo, esta capacidad que no pueden controlar los organismos vivos fue comprendida por la biología cuántica como un fenómeno cuántico digno de admirar y esto le reintegró su importancia¹⁷.

Los aromas son moléculas y la lectura de estas son un tema que le concierne exclusivamente al cruce entre la química y la biología. Sin embargo, esta acción a escala subatómica es interpretada a partir de la unión resultante de la biología cuántica y la química cuántica¹⁸.

Los organismos vivos huelen con el cuerpo no con la mente, la conciencia o la razón. Las neuronas no solamente nos permiten oler, sino también ver. En este caso, los ojos y los oídos son sus instrumentos. Por ejemplo, respiramos

¹⁷ La olfacción es, sin duda, una de las maneras en que los seres vivos experimentan el mundo, aunque la mayoría de los humanos no hagan un esfuerzo por desarrollarla.

¹⁸ La vista y el olfato se le anticiparon al tacto en el espacio y el tiempo, proyectando al organismo en un plano temporal diferente al aquí y el ahora.

con las mitocondrias, que están en el interior de cada célula, y no con los pulmones. Como dice el refrán anglosajón, el diablo está efectivamente en los detalles y es, en efecto, esta granulación la que caracteriza a la teoría cuántica.

El olfato es un sentido que no pende exclusivamente de las vibraciones moleculares y, por esto, puede definirse como un fenómeno de tunelamiento cuántico o túnel inelástico, según McFadden y Al-Khalili (2019). Esta comprensión de la olfacción a través del efecto túnel es extraña y contraintuitiva porque refiere que los electrones desaparecen en un punto y aparecen en el otro y que, además, no ganan ni pierden energía, pese a que su naturaleza subatómica es un proceso magnífico de vibraciones.

Es importante mencionar que una de las condiciones para entender el tunelamiento cuántico consiste en que los individuos comiencen a pensar en términos de los sistemas discretos y hagan a un lado los referentes con los sistemas continuos.

En el contexto de la física cuántica se habla expresamente de los osciladores cuánticos, que son los análogos mecánico cuánticos de los osciladores clásicos. Esto se debe a que la idea de oscilación es concomitante con la de las resonancias, las frecuencias, las pulsaciones y ulteriormente, las sincronizaciones y las armonías. Nociones que nos permiten tener una mirada más actual de los procesos referentes con la vida y los sistemas vivos.

La cuántica deja una enseñanza de gran envergadura en el ámbito educativo, cultural, científico y filosófico porque nos permite entender que tanto los fenómenos como los procesos son discretos, digitales y no analógicos. Por ejemplo, la energía es discreta en sus niveles más elementales (por esto la denominan *quantum*), así como la materia, el tiempo, el espacio, la naturaleza y el universo.

Esta comprensión, por su parte, nos lleva a entender que en los seres humanos el sistema encefálico lee el mundo como un sistema continuo, debido a su economía, energía y simplificación.

Para resumir, el cuerpo humano posee tres cerebros o centros en los que se efectúa el procesamiento de la información, estos se caracterizan por estar distribuidos en el organismo y funcionar de manera paralela. La tríada se comunica a través de tres tipos de mensajes o señales que, a su vez, pasan por una serie de procesos cuánticos. La comunicación solo es posible si se lleva a cabo por medio de fenómenos cuánticos como la superposición, el tunelamiento y el entrelazamiento.

De lo anterior, podemos concluir que la información en el organismo no solo se procesa a través de canales como el nervio vago o los mensajes endocrinos (con todo y que el sistema endocrino no es local y centralizado).

Según Maldonado y Gómez (2015), es exactamente en este sentido que el organismo humano puede considerarse como un caso conspicuo de hipercomputación biológica. El cuerpo es cualquier cosa menos una máquina de Turing, incluso si esta es cuántica, pues los seres vivos no procesan la información por medio de algoritmos.

El conocimiento tiene sus raíces en comportamientos y fenómenos biológicos que, a su vez, están fundamentados en principios cuánticos. Esto nos lleva a inferir que la información es un fenómeno cuántico producido y mediado por las neuronas; neuronas que se encuentran presentes en todo el organismo.

La teoría acerca de la existencia de tres cerebros que procesan de forma paralela la información supera por mucho la idea (ya clásica y estandarizada) según la cual los seres humanos poseen un cerebro reptiliano, límbico y

neocórtex, porque relleva que este procesamiento dispone de formas biológicas que aún son ignotas para muchos¹⁹.

Uno de los propósitos de esta exposición es la de divulgar conocimientos acerca de la biología, pues la consideramos como la base misma del conocimiento y la sabiduría. Para nosotros la sapiencia no es otra cosa que un alto grado de saberes sobre la naturaleza y el desarrollo de un estilo de vida acorde con ella. Sin embargo, lo más importante de este trabajo investigativo es que pone de manifiesto que literalmente esta existe en el ser humano y, por ende, como cuerpo.

En el pasado (específicamente en la historia de Occidente) el saber ocasionó un distanciamiento entre la naturaleza y el ser humano cuando lo condujo a contemplarla como un instrumento o un medio que garantizaba su supervivencia. De modo que el conjunto de todo cuanto existe fue concebido a través de términos jerárquicos y dualistas.

Una ciencia que estudia la naturaleza no es ajena o distinta a una ciencia que analiza al ser humano. En la actualidad, existe un extenso grupo de disciplinas cuyo objeto de estudio es el *Homo sapiens* y todas las manifestaciones que son consustancialmente humanas (las ciencias de la vida, la salud, las ciencias sociales y humanas). Estos conjuntos de conocimientos constituyen una unidad férrea, pese a sus diferencias y oposiciones.

El ser humano es un sistema comprendido por otros sistemas (límbico, nervioso, muscular, digestivo, etc.), así que es disparatado llegar a concebirlo como un simple organismo. En otras palabras, es ecosistémico y debe ser entendido como tal. En el organismo vivo no existe un conjunto

¹⁹ Su sensibilidad a la información es similar a la fibra sensitiva de los nervios, que no existen sin el sistema inmunológico y el endocrino.

de órganos más importante o determinante, puesto que todos cumplen una función fundamental. La centralidad de un sistema depende de las funciones, las necesidades y las actividades que esté realizando un individuo, por ejemplo, el digestivo es importante cuando come, pero deja de serlo en el momento en que hace ejercicio o estudia.

Todas las ideas consignadas en este apartado son una puerta que conduce hacia la comprensión de las relaciones entre la biología cuántica, las ciencias sociales y humanas.

4.

**Mente, biología, creación
o creatividad**

Desde el punto de vista de la biosemiótica el universo está constituido por signos y señales, a cuyos procesamientos se les atribuye todo cuanto ocurre en este. El conjunto de todas las formas de materia, energía y espacio-tiempo puede considerarse, a su vez, como un sistema fantástico de procesamiento continuo de información.

La vida se produce a sí misma al crear las condiciones necesarias para su sostenibilidad, es decir, es auto-poietica y autoorganizativa. Esta definición de la química de automantenimiento de las células vivas rebate la idea de que una causa externa es la encargada de su reproducción y manutención.

La mente no es un rasgo distintivo de los seres humanos, pues este conjunto de actividades y procesos psíquicos conscientes e inconscientes, especialmente de carácter cognitivo, existe en la mayoría de los reinos de la naturaleza (hongos, parásitos, animales y plantas). Es posible entenderla a través de los principios de la neurobiología evolutiva, que sostienen que esta forma primaria de consciencia tiene origen en las interacciones neurales jerarquizadas.

La bibliografía al respecto es bastante amplia, aunque gran parte de esta solo sea una actualización de otros trabajos investigativos acerca de la evolución de la consciencia. Sin embargo, estos abordajes acerca de la mente nos permiten aludir que el conjunto de capacidades cognitivas puede ser una característica consustancial de otros organismos o formas de inteligencia aún desconocidas por la biología, pese a que existan ciencias como la exobiología.

Como se mencionó anteriormente, los sistemas vivos son capaces de reproducirse y mantenerse por sí mismos, aunque para hacerlo tienen que crear constantemente otros entornos; entornos que deben coevolucionar en la medida en que estos evolucionan. La coevolución subraya la importancia del mutualismo, el comensalismo y los modos de cooperación de la vida en general.

Los sistemas vivos deben enfrentarse de manera constante a problemas y retos, por esto, no les queda otro remedio que aprender a autorregularse. De acuerdo con Schrödinger (1944), los organismos se caracterizan por extraer energía de sus alrededores con el fin de mantener su compleja organización. Esto nos conduce a mencionar que su existencia nunca contraviene a la segunda ley de la termodinámica, aunque su estructura parezca reprobársela²⁰.

Una de las funciones principales de la mente consiste en crear, anticipar y modelar otros mundos posibles. Así las cosas, los sistemas vivos no son en absoluto reactivos, puesto que el concepto de reacción solo aplica para los sistemas mecánicos. Los primeros se comportan, más no reaccionan y, por esto, poseen la capacidad de concebir.

Ahora bien, una de las formas más excelsas del conocimiento es la creación y de esto son ejemplos magníficos el arte y la investigación, pues no solo conducen a, sino que consisten en la invención y el descubrimiento. Los seres humanos en la cotidianidad hacen un uso constante de esta capacidad porque así garantizan su supervivencia.

Desde el punto de vista evolutivo, la creatividad tiene una función específica y esta no es otra que la de contribuir con tesón en hacer posible la vida; una vida que se caracterice por su capacidad para aprovechar el azar, resistir cualquier tipo de inclemencia, perdurar en el tiempo y cincelar esta fuerza o actividad esencial, mediante la que obran los seres que la poseen, con el propósito de convertirla en un haz incesante de oportunidades.

Nuestro diario cotidiano está saturado de discursos pomposos y ampulosos acerca de la innovación, pues tenemos la necesidad de materializar nuestras ideas en un bien que se distinga de todos los demás. No podemos referirnos

²⁰ Esta fue la idea originaria de Ilya Prigogine.

por separado a la capacidad de crear e innovar, puesto que en la primera los individuos conciben las ideas y en la segunda, las ejecutan o dotan de una naturaleza material y sensible. Por otra parte, la innovación se funda en actos o procesos biológicos que no son elementales en lo absoluto.

De este ciclo incesante de creación e innovación surge la posibilidad de transformar las ideas precedentes acerca de la existencia. Es necesario el desarrollo de un planteamiento a partir del cual se exhorte a la comunidad científica a entenderla como una serie de procesos que acaecen a largo plazo. Este conjunto de fases sucesivas e infinitas puede ser abordado mediante una teoría general que seguro va a arrojar otros conocimientos especulativos acerca de los sistemas vivos.

No es cierta la idea de que todo cuanto existe tiene necesariamente un comienzo y un final porque en su interior no dejan de transformarse los estados, las cualidades, los grados y las gradientes, entre otros. Esto puede corroborarse gracias a un estudio en el cual plantean que la energía de los espectros no se crea ni se disipa, es decir, es eterna y siempre está en un ciclo perenne de transmutación. En este punto, es preciso mencionar que la información que es procesada a través de la homeostasis y la metabolización no escapa a este fenómeno.

La homeostasis, la metabolización y todas las formas en que se procesa la información tienen que ser consideradas como un conjunto de fenómenos equivalentes o complementarios, porque actúan mediante una reacción en cadena a partir de la cual terminan haciéndose más íntegros o perfectos. En consecuencia, una buena metabolización contribuye en el mantenimiento constante de la composición y las propiedades del medio interno de un organismo.

Este procesamiento de la información es uno de los fenómenos más importantes de la mente porque condiciona el desarrollo del pensamiento; pensamiento que ocurre

prima facie con el cuerpo (sistema entérico) y después, con la cabeza (sistema encefálico). Estos conjuntos de órganos intervienen en nuestra toma de decisiones, pese a que el corazón es el que determina cuál va a ser el producto final del proceso mental y cognitivo.

La función de la mente no es otra que la de resolver problemas y esto lo hace a partir de la creación de otros tiempos, espacios y posibilidades, que conducen a los individuos a adoptar otras formas de vida. Sin embargo, la resolución de las dificultades en los organismos vivos no es posible sin que estos pasen por procesos de metabolización o, de lo contrario, solo estarían solucionándose de manera superficial y volverían posteriormente con más ímpetu y agresividad.

Por otra parte, la metabolización permite que el conocimiento se materialice a través de una serie de tácticas y estrategias, que derivan en acciones por medio de las cuales se afirma o posibilita la existencia.

En la naturaleza hay algunos ejemplos conspicuos de la metabolización como un medio para resolver problemas: primero, las plantas son capaces de hibernar durante años, debido a que advierten que las condiciones garantes de su supervivencia son escasas y segundo, los rotíferos entran en un estado de criptobiosis prolongado en tanto mejora el clima.

Lo cierto es que todos los días hay nuevos descubrimientos acerca de los procesos de metabolización en la naturaleza; descubrimientos que tienen efectos en la cultura, la ciencia de punta (interface célula-chip) y la biología sintética.

En consonancia con lo mencionado, el funcionamiento del cuerpo es inviable sin los procesos de comunicación e información que, a su vez, hacen complejos al organismo y a la existencia misma. La apoptosis se lleva a cabo continuamente en función del bienestar y la supervivencia del organismo como un todo.

Como lo señala la biología de sistemas, la epigenética, la teoría endosimbiótica, el Proyecto Viroma Global (GVP) y el Proyecto Bacterioma Humano (PMH), el cuerpo humano no es simple y llanamente un organismo, pues no solo se compone de sistemas, órganos, tejidos y células. Estas plantean que, más bien, es un ecosistema al encontrarse constituido por planos, grados, niveles, contextos, mapas y redes, que están formados por numerosos individuos que actúan coevolutivamente.

Los tres tipos de mensajes, que tienen lugar en el interior del organismo y son procesados a través de los tres cerebros, poseen memoria de largo, mediano y corto plazo. Por ejemplo, el sistema inmunológico almacena información por un tiempo ilimitado y el sistema endocrino la retiene durante segundos, minutos o semanas.

Por otra parte, la mente es creativa, debido a que les concede a los individuos la capacidad para concebir nuevas ideas o conceptos. Mediante los cuales transforma de manera constante el entorno físico e interior y, además, posibilita el reconocimiento de estos cambios, en su mayoría irreversibles²¹.

Una de las características más sorprendentes de la vida es que siempre deviene y, en consecuencia, las personas y las cosas son transitorias. Estos cambios suponen un mayor conocimiento y, a su vez, relievan que no hay un comienzo o un final, sino solo procesos.

Quizás la creatividad surja de la fuerte insatisfacción que les produce a los individuos el mundo que les rodea, porque esta los conduce a hallar las maneras para transformarlo o reemplazarlo. Sin embargo, la gran mayoría de los

²¹ Una lectura rigurosa de algunas de las obras de Daniel Boorstin y de otros pensadores podría brindar un panorama más amplio acerca de esta cuestión.

científicos apuntan que esta no es una cualidad propia de los seres humanos porque otros organismos vivos como los cuervos, los loros, los gorilas, los chimpancés o los macacos hacen manifiesta esta capacidad cuando necesitan alimentarse o conocer su entorno.

Aunque la creatividad no es una cualidad propia de los seres humanos sí es una parte connatural de su especie y ha impulsado su evolución. Por ejemplo, sus antepasados emplearon las piedras para conseguir sus alimentos, hicieron acueductos, inventaron la rueda, etc., con el firme propósito de encontrarle una solución a sus problemas.

Si bien, esta capacidad ha sido reconocida hace ya tiempo como uno de los rasgos distintivos de la inteligencia biológica (Baluska et al., 2006) aún tiene límites conceptuales muy difusos, ya que un sinnúmero de científicos la vienen analizando desde tres perspectivas muy distintas y estas son: la producción creativa, el pensamiento divergente y la capacidad cognoscitiva que posee cada individuo.

En cuanto confiamos en la biología como una vía para hallar esas alternativas a las cuales nos incita el incordio, llegamos a percibir que esta no refuta en lo absoluto la existencia de espacios aún inexplorados y, por definición mejores, debido a las peculiaridades y novedades que encierran. Sin embargo, cuando nos aventuramos por este camino también entendemos que la existencia se caracteriza por ser inacabada e indeterminada. Por esto, las ciencias de la complejidad refieren que los seres vivos son pura apertura.

Si la mente comportara a la vida, si el conocimiento, fuera percibido a través de los sentidos antes que conocido la ciencia que estudia a los seres vivos tendría un sentido diferente al que hasta ahora le ha conferido la tradición. Tal vez este nuevo entendimiento, que apelaría a la experiencia y a la sensibilidad, terminaría iluminando o poniendo en cuestión otras formas de existir.

En el alemán y el inglés tienden a usar la palabra *Empfindung* y *feelings* para representar, al mismo tiempo, el concepto de emoción, sensación o sentimiento. En este caso la traemos a colación porque es perfecta para aludir que el conocimiento es un conjunto de representaciones abstractas ligadas a la subjetividad de los individuos, es decir, a su forma de experimentar las impresiones ocasionadas por los factores internos y externos.

Esta manera de comprender la creatividad, la mente y la biología no solo nos libera de la tiranía de los sentidos que les fueron conferidos por la tradición, sino de las concepciones que nos impiden desarrollar otros conceptos y saberes especulativos acerca de los seres vivos; saberes y conceptos que deparan horizontes promisorios al propugnar que la evolución y el estudio paulatino de los sistemas vivos puede relievar la complejidad de la vida.

Bibliografía

- Abbott, D., Davies, P., Pati, A. K., & Penrose, R. (2008). *Quantum Aspects of Life*. Imperial College Press.
- Allen, M. (Ed.). (2017). *The SAGE Encyclopedia of Communication Research Methods*. SAGE Publications Inc. <https://dx.doi.org/10.4135/9781483381411>
- Alshami. A. M. (2019). Pain: Is It All in the Brain or the Heart? *Current Pain and Headache Reports*, 23(12), 1-88. <https://doi.org/10.1007/s11916-019-0827-4>
- Amir, M., Yu, M., He, P., & Srinivasan, S. (2020). Hepatic Autonomic Nervous System and Neurotrophic Factors Regulate the Pathogenesis and Progression of Non-alcoholic Fatty Liver Disease. *Frontiers in Medicine*, 7(62), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00062>
- Armour J. A. (2007). The little brain on the heart. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 74(1), 48-51.
- Asano, M., Basieva, I., Khrennikov, A., Ohya, M., Tanaka, Y., & Yamato, I. (2013). A model of epigenetic evolution based on theory of open quantum systems. *Systems and Synthetic Biology*, 7(4), 161-173. <https://doi.org/10.1007/s11693-013-9109-3>
- Baluska, F., Mancuso, S., & Volkmann, D. (Eds.). (2006). *Communication in Plants. Neuronal Aspects of Plant Life*. Springer.
- Carabotti, M., Scirocco, A., Maselli, M. A., & Severi, C. (2015). The gut-brain axis: interactions between enteric microbiota, central and enteric nervous systems. *Annals of Gastroenterology*, 28(2), 203-209. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
- Damasio, A. (2010). *Y el cerebro creó al hombre: ¿Cómo pudo el cerebro generar emociones, sentimientos, ideas y el yo?* Ediciones Destino.

- Goodwin, B. (1998). *Las manchas del leopardo. La evolución de la complejidad*. Tusquets Editores.
- Grabek, K.R., Cooke, T.F., Epperson, L.E., Spees, k., Cabral, G., Sutton, S., Vaughan, D., Martin, S., & Bustamante, C. D. (2019). Genetic variation drives seasonal onset of hibernation in the 13-lined ground squirrel. *Communications Biology*, 2(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0719-5>
- Granovetter, M. S. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360-1380. <https://www.jstor.org/stable/2776392?seq=1>
- Häfner, S. J., & Lund, H. (2016). Great expectations – Epigenetics and the meandering path from bench to bedside. *Biomedical Journal*, 39(3), 166-176. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2016.01.008>
- Heather, P. (2018). *Emperadores y bárbaros. El primer milenio de la historia de Europa*. Editorial Crítica.
- Janeway, Jr., Bottomly, K., Horowitz, J., Kaye, J., Jones, B., & Tite, J. (1985). Modes of cell: cell communication in the immune system. *J Immunol*, 135(2), 739-742.
- Jensen, K. J., Alpini, G. & Glaser, S., (2013). Hepatic nervous system and neurobiology of the liver. *Comprehensive Physiology*, 3(2), 655-665. <https://doi.org/10.1002/cphy.c120018>
- Joly, G. F. (2017). *Nuestro Segundo cerebro*. Ediciones Paidós.
- Jorgensen, R. A. (2011). Epigenetics: biology's quantum mechanics. *Frontiers in Plant Science*, 2(10), 1-4. <https://doi.org/10.3389/fpls.2011.00010>
- Kauffman, S.A. (2000). *Investigations*. Oxford University Press.
- Lauc, G., Vojta, A., & Zoldoš, V. (2014). Epigenetic regulation of glycosylation is the quantum mechanics of biology. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1840(1), 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2013.08.017>

- Maldonado, C. E., & Gómez, N. (2015). Biological hypercomputation. A new research problem in complexity theory. *Complexity*, 20(4), 8-18. <https://doi.org/10.1002/cplx.21535>
- Maldonado, C. E. (2018). Biological Hypercomputation and Degrees of Freedom. En R. López, R. (Ed.), *Complexity in Biological and Physical Systems. Bifurcations, Solitons and Fractals* (pp. 83-93). IntechOpen.
- ídem. (2019). Quantum Theory and the Social Sciences. *Momento*, (59E), 34-47. <https://doi.org/10.15446/mo.n59E.81645>
- ídem. (2020a). *Camino a la complejidad. Revoluciones científicas e industriales*. Asociación Rujotay Na'oj.
- ídem. (2020b). La biosemiótica como una de las ciencias de la complejidad. *Ciencias de la Complejidad*, 1, 23-36. <https://doi.org/10.48168/cc012020-002>
- ídem. (2021). La extraña naturaleza de la vida: biología cuántica, complejidad, vida y salud. *Investigaciones en complejidad y salud*, 9, 1-65. <http://hdl.handle.net/20.500.12495/5805>
- Martin, C. R., Osadchiy, V., Kalani, A., & Mayer, E. A. (2018). The Brain-Gut-Microbiome Axis. *Cellular and molecular gastroenterology and hepatology*, 6(2), 133-148. <https://doi.org/10.1016/j.jcmgh.2018.04.003>
- Maturana, H., y Varela, F. (2004). *El árbol del conocimiento. Las bases biológicas del entendimiento humano*. Lumen.
- Mayer, E. (2018). *Pensar con el estómago. Cómo la relación entre digestión y cerebro afecta a la salud y el estado de ánimo*. Editorial Grijalbo.
- McFadden, J., y Al-Khalili, J. (2019). *Biología al límite. Cómo funciona la vida a muy pequeña escala*. RBA.
- Samuels, M. A. (2007). The Brain-Heart Connection. *Circulation*, 116(1), 77-84. <https://doi.org/10.1161/Circulationaha.106.678995>

- Sirisha, A., Gorky, J., Leung, C., Cheng, Z., Vadigepalli, R., & Schwaber, J. S. (2020). A Comprehensive Integrated Anatomical and Molecular Atlas of Rat Intrinsic Cardiac Nervous System. *iScience Cell Press*, 23(6), 101-140. <https://doi.org/101016/j.isci.2020.101140>
- Solé, R., & Goodwin, B. (2000). *Signs of Life. How Complexity Pervades Biology*. Basic Books.
- Soosalu, G., Henwood, S., & Deo, A. (2019). Head, Heart, and Gut in Decision Making: Development of a Multiple Brain Preference Questionnaire. *SAGE Open*, 1(17), 1-17. <https://10.1177/2158244019837439>
- Teratani, T., Mikami, Y., Nakamoto, N., Suzuki, T., Harada, Y., Okabayashi, K., Hagihara, Y., Taniki, N., Kohno, K., Shibata, S., Miyamoto, K., Ishigame, H., Chu, P-S., Sujino, T., Suda, W., Hattori, M., Matsui, M., Okada, T., Okano, H, ...Kanai, T. (2020). The liver-brain-gut neural arc maintains the Treg cell niche in the gut. *Nature* 585(7826), 591-596. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2425-3>
- Varela, F., Thomson, E., y Rosch, L. (1992). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. The MIT Press.

Investigaciones en complejidad y salud

Facultad de Medicina

Grupo de Investigación en Complejidad y Salud Pública

n.º 12

Información y datos abiertos en tiempos de desigualdades en salud

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

