



Teoría de la
**información
y complejidad**

La Tercera Revolución Científica



© Universidad El Bosque
© Editorial Universidad El Bosque
© Ediciones desde abajo

Rectora: María Clara Rangel Galvis

Teoría de la información y complejidad. La Tercera Revolución Científica.

© Carlos Eduardo Maldonado Castañeda

Primera edición, junio de 2020
ISBN: 978-958-739-194-7 (Impreso)
ISBN: 978-958-739-195-4 (Digital)

Editor: Miller Alejandro Gallego Cataño
Coordinación editorial: Leidy De Ávila Castro
Dirección gráfica y diseño: María Camila Prieto Abello
Corrección de estilo: Leidy De Ávila Castro

Hecho en Bogotá D.C., Colombia
Vicerrectoría de Investigaciones
Editorial Universidad El Bosque
Av. Cra 9 n.º 131A-02, Bloque A, 6.º piso
+57 (1) 648 9000, ext. 1100
editorial@unbosque.edu.co
www.unbosque.edu.co/investigaciones/editorial

Ediciones desde abajo
www.desdeabajo.info

Impresión: xxxxx
Junio de 2020

Esta publicación resultado de investigación, original e inédita, ha sido editada conforme a los parámetros establecidos por el sello Editorial Universidad El Bosque. Ha sido evaluada por dos pares académicos bajo la modalidad doble ciego y cumple en su totalidad con los criterios de normalización bibliográfica que garantizan su calidad científica y sus aportes al área de conocimiento respectiva.

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° 327 del 5 de febrero de 1997, MEN. Reconocimiento de personería jurídica: Resolución 11153 del 4 de agosto de 1978, MEN. Acreditación institucional de alta calidad: Resolución 11373 del 10 de junio de 2016, MEN.

190.905 M14t

Maldonado Castañeda, Carlos Eduardo

Teoría de la información y complejidad: la tercera revolución científica / Carlos Eduardo Maldonado Castañeda -- Bogotá: Universidad El Bosque, 2020

123 p.; 13,5 x 23 cm
Incluye tabla de contenido y referencias bibliográficas.
ISBN: 978-958-739-194-7 (Impreso)
ISBN: 978-958-739-195-4 (Digital)

1. Teoría de la información - Complejidad (Filosofía) 2. Revolución científica -- Teorías 3. Ciencia y civilización 4. Teoría del conocimiento -- Complejidad (Filosofía) I. Universidad El Bosque. Vicerrectoría de Investigaciones.

Fuente. SCDD 23ª ed. NLM – Universidad El Bosque. Biblioteca Juan Roa Vásquez (Junio de 2020) - RR



Teoría de la
**información
y complejidad**

La Tercera Revolución Científica

Carlos Eduardo Maldonado Castañeda



Prólogo

Pág 17

Introducción

Pág 17

1

**La información y sus dinámicas,
su historia y problemas**

Pág 21

1.1. Información y complejidad. Una primera mirada

Pág 29

2

**La realidad y la información. Información
y procesamiento de la información**

Pág 39

3

**La información y la naturaleza
Información y realidad natural y social**

Pág 53

3.1. Información, conocimiento y observación

Pág 61

Contenido

4

Información y conocimiento: pensar como la naturaleza

Pág 79

4.1. Pensar humanamente

Pág 89

4.2. Pensar como la naturaleza

Pág 93

5

Conclusiones

Pág 110

Referencias

Pág 118

Prólogo

Nos encontramos en medio de una verdadera revolución científica, para usar la expresión popularizada por Th. Kuhn pero anticipada también por autores como G. Canguihlem, G. Bachelard y A. Koyré. Ahora bien, como bien señala Kuhn, toda evolución científica es, al mismo tiempo, una revolución política, social, cultural. En las revoluciones, algunos, con las razones correctas se encuentran en el bando equivocado; y otros, a veces, con las razones equivocadas se encuentran en el bando correcto. Ideal, desiderativamente, las gentes deberían estar, con las razones correctas, en el bando correcto.

Hay una particularidad, sin embargo. Asistimos a varias revoluciones científicas al mismo tiempo. Este libro se ocupa de una de ellas: aquella que, cronológicamente es la tercera, la revolución de la teoría de la información, la cual concuerda con la tercera y la cuarta revoluciones industriales.

Se trata de procesos en curso, cuyos desenlaces son imprevisibles, aunque hay cosas que se podrían decir, razonablemente. En las revoluciones, como muchas veces en la vida, hay voces pesimistas tanto como optimistas. No sucede nada diferente con respecto a esta revolución que implica y se expresa al mismo tiempo en aspectos como: internet, las redes sociales, la web 3.0 y la 4.0, la inteligencia artificial, y varios más.

Este libro no es una exposición histórica sobre la teoría de la información, aunque algunos elementos claros sí se plantean aquí y allá. Se trata, más bien, de una apuesta sencilla. La tesis que lo sostiene es que las dinámicas y

estructuras actuales y, previsiblemente, hacia futuro, permiten entender más y mejor las propias dinámicas y estructuras de la vida: de la vida humana, tanto como de la vida en general en el planeta; de la vida conocida, tanto como de la vida-tal-y-como-podría-ser-posible.

La ciencia es una actividad humana que trasciende la experiencia meramente humana. Así se tejen las revoluciones científicas.

* * *

Este libro es el resultado de varios procesos paralelos, cruzados que han tenido lugar recientemente. De una parte, es el resultado del seminario institucional sobre complejidad que llevamos a cabo en la Facultad de Medicina de la Universidad y que ya tiene más de dos décadas de existencia. Recientemente hemos trabajado sobre el sistema inmunológico, y también sobre el procesamiento de información en las plantas. Al mismo tiempo, este texto se debe al doctorado en salud pública de la Universidad El Bosque, y en especial a sus estudiantes. Debo expresarles mis agradecimientos.

He sido invitado, en una seguidilla afortunada e inusual a varios seminarios en la Universidad Iberoamericana, en León, México, en especial al doctorado en ciencias sociales y complejidad que hay allí. Pues bien, aproveché la estancia allí para compartir varias ideas de este libro y madurar otras. Las discusiones y el diálogo fueron siempre productivos. Casi al mismo tiempo fui invitado a dictar un seminario en el Iteso de Guadalajara en donde expuse y discutimos algunas de las tesis que forman parte de este libro. La Universidad de Nayarit me hizo una amable invitación para un seminario de profundización. El auditorio

es de los mejores que he tenido en mi vida. Asimismo, de otra parte, la UTPL, en Loja, Ecuador, me invitó a dictar un curso y unas conferencias sobre complejidad. Fue una oportunidad magnífica para refrescarme en algunas de las ideas que articulan lo acá escrito. De otra parte, la Universidad Santo Tomás, de Bogotá, me invitó a dictar una conferencia en el marco del Seminario sobre Psicología que adelanta la Maestría en Psicología Clínica. Una articulación bastante orgánica de este libro fue presentada ante un auditorio atento y casi ávido. La maestría en complejidad e interdisciplinariedad de la Universidad Surcolombiana, en Neiva (Colombia) también me hizo una amable invitación, que aproveché para presentar y discutir varias de las ideas de un capítulo en particular de este libro.

Por todo lo anterior, quiero expresar mis agradecimientos a Héctor Gómez, V., a Enrique Luengo, a Claudia Cortés y Jesús Puga, a Jorge Benítez, Hernán A. Yaguana, Henry Martínez, Yenny Yaguacha, Luz Marina Moncada, Mauro Montealegre.

Es cierto: un libro no es jamás la obra de un solo autor. Reconocer esto ya es un lugar común. Este libro es el resultado de los seminarios, cursos, conferencias, diálogos y encuentros mencionados. Son mis amigos, colegas y estudiantes quienes son los autores de este libro. ¿Yo? He sido sólo quien ha hecho algunas lecturas y ha fungido como escribano. Nada más.

Argumentativamente, este libro se debe a uno inmediatamente anterior: Sociedad de la información, políticas de información y resistencias, Bogotá, Desde Abajo, 2019. Por tanto este libro presupone a aquel y a la vez lo amplía y profundiza.

Introducción

Por sus consecuencias, pero también por el encanto de su armazón epistemológico y lingüístico la ciencia es, de lejos, la principal forma de racionalidad de nuestra época. Solo que, bien entendido, ella hace referencia a la conjunción, cada vez más inseparable entre ciencia y tecnología. No en vano, en varios dominios, se ha acuñado la expresión de “tecnociencia”.

Hasta la fecha se han dado tres grandes revoluciones científicas, así: la primera corresponde al ascenso y el triunfo final de una nueva clase social: la burguesía. Esta ciencia produce un desplazamiento radical del modelo geocéntrico al modelo heliocéntrico. Se trata de la ciencia moderna, esa que abarca, grosso modo, desde Roger Bacon y Francis Bacon hasta el año 1900. Es toda la ciencia clásica y que se encarna en grandes figuras como Galileo, Newton, Descartes, Pasteur, Vesalius, Loewenhoek, Dalton y Maxwell, entre muchos otros. La ciencia moderna se caracteriza porque es manifiestamente mecánica o mecanicista y determinista. La ciencia que la base de la sociedad conoce ampliamente es básicamente la ciencia moderna.

Estamos, con esta revolución del conocimiento, ante la ciencia que se ocupa de objetos y fenómenos inanes. Cuerpos físicos, básicamente. Para emplear una expresión que I. Prigogine retoma de M. Weber, se trata de la ciencia que desencanta el mundo justamente por sus estructuras y características. El desencantamiento estriba en el hecho de que el mundo es concebido en términos de la mecánica clásica, y explica la realidad y la naturaleza en términos me-

cánicos, reduccionistas y deterministas. Los seres humanos y la vida misma no tienen cabida en esta ciencia, y cuando entran en consideración lo hacen a la manera de la mecánica clásica, esto es, como mecanismos y estructuras. Esto es evidente justamente a partir del programa de investigación que formula A. Comte en sus lecciones de filosofía, en donde expone la idea del nacimiento de las ciencias sociales (Vincent, 2002).

Esta revolución comprende desde los orígenes de la modernidad hasta el año 1905, cuando emerge la Segunda Revolución Científica. Sin embargo, hay que decir que esta clase de ciencia mecanicista, reduccionista y determinista se prolonga hasta hoy, pero entonces ya no se le conoce como la ciencia clásica —que es exactamente la de la Modernidad—, sino como “ciencia normal”, una expresión acuñada por Th. Kuhn. Hoy por hoy se pueden hacer cosas con la ciencia clásica, pero no se pueden decir cosas nuevas con ella: sus capacidades explicativas y comprensivas ya quedaron agotadas. La ciencia normal normaliza a los seres humanos.

La Segunda Revolución Científica comienza en 1900 con el famoso artículo sobre la radiación de fondo negro de M. Planck, pero verdaderamente se catapulta a partir de 1905 cuando Einstein llama la atención sobre la importancia del descubrimiento de Planck. Se trata de la física cuántica, y con ella, posteriormente, de la teoría cuántica, la cual incluye además a la química cuántica, la biología cuántica, todas las tecnologías de punta basadas en principios y en comportamientos cuánticos, y las ciencias sociales cuánticas. Esta Segunda Revolución Científica se caracteriza porque es alta y crecientemente contraintuitiva, y tiene dos grandes momentos: el primero, que abarca desde 1905 hasta 1934 y que conoce el desarrollo de la mecánica cuántica, y el segundo, que comprende desde 1954 hasta la fecha.

Esta Segunda Revolución Científica no tiene en su primera parte ningún lugar para los seres humanos ni para la vida misma. Se ocupa de fenómenos y comportamientos particularmente en la escala microscópica –partículas subatómicas y ondas–. Sin embargo, esta segunda revolución tiene el mérito de que rompe en mil pedazos el espíritu y la filosofía determinista, reduccionista y mecanicista de la ciencia clásica. Es lo que sucede, notablemente gracias al hecho de que en la Segunda Revolución Científica ya no se piensa ni se trabaja en términos de causalidad, de fenómenos y observaciones locales y, de manera muy significativa, la humanidad aprende el concepto de incertidumbre, el cual no tiene, en absoluto, ninguna carga psicológica, emocional o cognitiva. La incertidumbre es ontológica, es ínsita a la naturaleza y a la realidad. Aquella puede ser entendida de dos maneras, así: de un lado, es imposible conocer al mismo tiempo dónde se encuentra y hacia dónde se dirige un fenómeno. Si se conoce un aspecto es imposible conocer o determinar el otro. O bien, de otra parte, significa que el futuro no está dado de antemano y de una vez para siempre.

La segunda parte de la historia de esta revolución científica da lugar no solamente a la física cuántica, sino, además, a la química cuántica, la biología cuántica, a toda la tecnología de punta hoy por hoy, que se basa en principios y comportamientos cuánticos, y finalmente, a las ciencias sociales cuánticas. En consecuencia, los seres humanos tanto como la vida misma, en toda su complejidad, sí tienen cabida. Exagerando un tanto podríamos decir: si Darwin no descubre a la evolución y a los sistemas evolutivos la teoría cuántica lo habría hecho.

Finalmente, la Tercera Revolución Científica es la teoría o la ciencia de la información, ya que, si bien tiene algunos antecedentes que se remontan hasta el siglo XIX, se inicia en realidad en 1949 con el famoso artículo de Sha-

non y Weaver en torno a la teoría matemática de la información, pero tiene desarrollos magníficos que se proyectan hasta nuestros días.

Digámoslo de manera franca y directa: la Tercera Revolución Científica sirve como marco teórico y conceptual y al mismo tiempo como basamento para el descubrimiento de la vida en toda su complejidad, y para el reconocimiento expreso de que los sistemas sociales humanos están imbuidos de complejidad. Las ciencias de la complejidad nacen gracias a la teoría de la información y al mismo tiempo contribuyen a su desarrollo. Por ejemplo, se presenta la emergencia de la computación y da lugar a nuevos desarrollos de la computación.

Este texto tiene una finalidad, a saber: presentar y discutir sumariamente esta Tercera Revolución Científica y sus relaciones con las ciencias de la complejidad. Dicho de manera rápida, este es el vórtice más importante, desde cualquier punto de vista, de nuestra época. Una expresión de este vórtice es el reconocimiento explícito del modelamiento y la simulación en los procesos de comprensión y de explicación del mundo y de la realidad, y la emergencia de la ciencia de grandes bases de datos, con todo lo que ello implica. (La expresión al mismo tiempo más superficial, pero puntual de este fenómeno pivota en torno a nombres como Amazon, Google, Facebook, Microsoft, la próxima revolución 5G, el desarrollo de la web profunda, los constantes ciberataques alrededor del mundo, en fin, la emergencia de un nuevo tipo de racionalidad: la mentalidad de hackers).

A fin de comprender esta tercera revolución en marcha, el texto se articula en cuatro capítulos, de la siguiente manera: en un primer momento se estudian las dinámicas y estructuras de la información. Este argumento permite sentar las bases de los otros tres argumentos. El segundo

capítulo se concentra en las relaciones entre información y su procesamiento. De esta forma, de entrada una cosa debe quedar en claro: la información es una sola y misma cosa con su procesamiento. El tercer argumento sostiene que la información permite una mayor y mejor comprensión de la naturaleza; ya sea en su acepción primera, o bien, igualmente, en relación con el mundo social. Finalmente, el cuarto capítulo conduce las reflexiones anteriores hacia los temas y problemas referentes a la salud. La tesis aquí versa en afirmar que la salud consiste en la adecuada capacidad para procesar nueva información. Como se observa, se trata de una comprensión computacional de la salud. Una novedad, sin duda. Al final se extraen varias conclusiones.

Con este trabajo una idea debe quedar en claro: nuestra época, que sociológicamente adquiere tres denominaciones distintas que finalmente son coincidentes; esto es, la sociedad de la información, la sociedad del conocimiento y la sociedad de redes, se define a partir de la importancia, en toda la extensión de la palabra, de la información. El futuro inmediato, y tentativamente a mediano y a largo plazo será el destino mismo de la información; esto es, de sus dinámicas, su significado, sus consecuencias, en fin, sus posibilidades. Información, conocimiento, redes, al cabo, las distinciones son sutiles. Importantes, pero simplemente académicas.

Estudiar (todas) las consecuencias de esta Tercera Revolución Científica es algo que desborda con mucho el espacio y el tiempo de este trabajo.

El libro está estructurado con base en tres soportes, así: de un lado, la bibliografía incluye textos que sirven de soporte y de ampliación a ideas puntuales articuladoras de este trabajo. De otra parte, ocasionalmente, como notas de pie de páginas, se introducen aquí y allá algunas referencias, las que tienen casi siempre la finalidad de ampliar

o extender alguna idea puntual. Por último, se incluye al final listado de Referencias del autor donde se encuentran personales que sirven a la vez como fundamentos o como extensiones de este libro. Solo que se trata de trabajos de un carácter bastante más técnico que este libro. Un lector curioso puede remitirse a esos trabajos, para lo cual hay indicaciones de dónde encontrarlos. Los que aparecen aún “en prensa” serán incluidos en las dos páginas web o links mencionados.

1

La información y sus dinámicas,

su historia y problemas

Cabe decir que la ciencia ha nacido dos veces en la historia de Occidente. El primer nacimiento tuvo lugar en la Grecia antigua. La ciencia nace, en su expresión más acabada, no precisamente con Platón y Aristóteles, sino gracias a Euclides cuando escribe el libro *Elementos*, que sienta las bases de las matemáticas, más exactamente, de la geometría. Así habrá de ser para los próximos veintitrés siglos. Dicho de forma amplia, se trata del estudio del espacio, aquello que en la Grecia arcaica se denominaba como la *physis*. (Vale recordar que en el período arcaico, cualquier persona inteligente escribía un libro con el título: *ta physis*, *Sobre la naturaleza*). Ser griego significa que es imposible tener una comprensión del ser humano, del mundo y de la realidad sin tener antes un claro entendimiento sobre la naturaleza. Esta sienta al mismo tiempo las bases y los marcos para cualquier otra ciencia, estudio o explicación.

Pues bien, el estudio de la naturaleza, de la *physis* o del espacio se sistematiza como la geometría. Durante muchos siglos permaneció la disputa entre los científicos acerca de si la geometría formaba parte de la física o bien de las matemáticas.

Euclides afirma la geometría como una ciencia deductiva o, si se quiere, hipotética deductiva: a partir de determinadas definiciones se siguen algunas demostraciones, incluyendo lemas y otras consideraciones. Euclides recopila, ordena y argumenta los conocimientos matemáticos (= geométricos) de su tiempo y antes de él en la forma de los *Elementos*, y termina por ratificar la idea platónica según la cual, quienes quisieran ingresar a la academia debían saber geometría.

De esta suerte, ser occidental significa en lo sucesivo leer el mundo y la realidad en función de determinadas definiciones, puestas al comienzo. Algún filósofo contem-

poráneo dirá que los seres humanos viven con precomprensiones, o lo que es equivalente, que prejuizan, y leen el mundo y se relacionan con él en función de las precomprensiones y prejuicios. Los españoles jamás vieron a los habitantes de América debido a que estaban imbuidos de definiciones, prejuicios, precomprensiones y postulados. Lo que ellos vieron fueron sus propios axiomas, jamás la realidad misma.

Pues bien, la segunda vez que brota la ciencia es con el nacimiento de la modernidad; esto es, con el surgimiento de la física moderna –Galileo, Kepler, Copérnico y Newton–. Eso que durante mucho tiempo se denominó “filosofía de la naturaleza”.

Sintomáticamente, la modernidad asiste al segundo nacimiento de la ciencia, y este tiene lugar, en una sorprendente analogía, a lo que sucedió en la Grecia antigua. En efecto, la *physis* –natura– es condición de posibilidad para cualquier ciencia acerca de los seres humanos. Entre Platón y Aristóteles, de un lado, y Hobbes y Locke, de otro, parece haber menos distancia que la que se podría suponer. El *Leviathan*, al igual que el *Ensayo sobre el entendimiento humano* o el *Tratado sobre el gobierno civil* solo adquieren sentido sobre la base de una ciencia de la naturaleza.

Mejor aún, en ambos nacimientos sucede una coincidencia extraordinaria a pesar del tiempo y de la mediación entre ambos momentos por parte del medioevo y todo lo que él implicó. Se trata del hecho de que en la Grecia antigua, tanto como en la ciencia clásica en sus comienzos, existe una concepción de la naturaleza entendida esta como *organismo* (naturaleza orgánica). Será la iglesia –o mejor aún, las iglesias, la católica y la luterana o la calvinista–, la que se oponga con vehemencia a una concepción organicista de la naturaleza. Es una lucha/oposición que durará

alrededor de cuatro siglos, al cabo de los cuales la ciencia moderna nace, efectivamente, mecanicista.

En verdad, el segundo nacimiento de la ciencia, el de la ciencia clásica parte originariamente de una inquietud teológica, particularmente en lo relativo al método, y conduce toda la investigación con carácter empírico hacia el mundo natural, buscando siempre una predicción. F. y particularmente Galileo, favorece la idea de que la naturaleza está escrita en lenguaje matemático, lo cual significaba exactamente en caracteres geométricos. El resto de la historia consiste en el desarrollo de teorías científicas que logren explicar estos aspectos.

De este modo, se fue dando lugar a la Primera Revolución Científica iniciada por Galileo Galilei y finalizada con Newton, a partir de la cual la física alcanzó el estatus de modelo de ciencia, la cual estuvo caracterizada por la matematización, la mecanización y la experimentación.

Pues bien, la gran ciencia de la modernidad es la mecánica clásica y todas las demás ciencias emergen a la luz o la sombra suya. La mecánica clásica inventa el concepto de masa o de materia, en torno al cual la totalidad del universo se define. Todo lo que sucede en el universo es el resultado de dinámicas de la materia: acción-reacción, caída libre, movimiento uniformemente acelerado y gravitación.

Posteriormente, el siglo XIX conoce el nacimiento de otra gran ciencia: la termodinámica, llamada también en ocasiones como la ciencia del calor. La termodinámica tiene una correspondencia uno a uno con la Primera Revolución Industrial. Pues bien, la termodinámica acuña un concepto distinto al de masa o materia, pero explica mucho mejor lo que sucede en el mundo: el concepto de energía. Mientras que el concepto de masa es unívoco, el de energía es polisémico; existe energía potencial, energía cinética,

energía informacional y varias más. Sin duda, la termodinámica es la segunda gran ciencia que inventa la modernidad, y corresponde, sociológica y económicamente al triunfo económico de la burguesía.

A comienzos del siglo xx tiene lugar la Segunda Revolución Científica: la física cuántica, la biología cuántica, la química cuántica, la tecnología basada en cuántica y las ciencias sociales cuánticas. Así, de la mano con las investigaciones acerca del átomo, se fueron haciendo descubrimientos estrechamente relacionados con la genética, la medicina, las matemáticas y la cibernética; en esta última se dieron significativos aportes a la transmisión de señales, contribuciones a la óptica y muy especialmente a la construcción de ordenadores.

Posteriormente, hacia mediados del siglo xx tiene lugar el nacimiento de la Tercera Revolución Científica, gracias a los trabajos de Claude E. Shannon y Warren Weaver. De manera significativa, el concepto central ya no es únicamente el de materia o el de energía, sino, mejor aún el de información, teoría desde la cual se proporciona una definición rigurosa de la misma noción de información, la que permite su cuantificación e implica seguidamente su procesamiento a través de la computación,

De manera puntual, la teoría de la información se constituye entonces en un avance científico con efectos significativos en la física, la biología, la criptografía, la robótica, la inferencia estadística, entre otros. Cuyo efecto mayor está en la transmisión y el procesamiento de la información, lo que conduce a su vez a la constitución de grandes bases de datos.

De esta suerte, el de información es un concepto físico que explica más y mejor lo alcanzado por el concepto de energía que, a su vez, explicaba más y mejor lo que expli-

caba el concepto de masa o materia. Con una salvedad: la información es física, pero intangible, física pero no material, ciertamente no en el sentido tradicional de la palabra.

Vale aquí detenerse un instante para observar una circunstancia histórica. En medio de la Guerra Fría, prácticamente en la mañana siguiente de la Segunda Guerra Mundial, cuando primaban intereses políticos, el mundo se había dividido claramente en dos, se asistía al auge del espionaje en toda la línea de la palabra, cuando la comunidad científica se ocupaba de otros temas, emerge “la teoría de la información” a partir de una preocupación muy puntual: separar los mensajes del ruido, supuesta la lógica de emisor-receptor. A la postre, los ingenieros habrán de distinguir entre ruido blanco, ruido negro y ruido rosado; esto es, ruido procedente del emisor, del receptor o del medio o canal.

De esta suerte, a partir de preocupaciones de ingenieros, la teoría que nos ocupa denota una cantidad de información, independientemente de los contenidos. Esta cantidad se mide originariamente en “bits” de información. El descubrimiento más sorprendente es que la misma se encuentra en todas partes.

En otras palabras, la teoría de Shannon sentó el puente entre la información y la incertidumbre; entre la información y la entropía, en fin, entre la información y el caos. Consiguientemente nace el procesamiento de la información, junto con su almacenamiento y recuperación (Gleick, J. 2011). La información se puede almacenar indefinidamente, compartirse a voluntad, y no pesa absolutamente nada (en términos de mediciones clásicas del peso: gramos, kilogramos, etc.). Su peso consiste exactamente en la capacidad de almacenamiento de la información: bits, megas, gigas, teras, petas y así sucesivamente.

Ha sido tal la adopción de la teoría de la información, que se han establecido puentes que han dado lugar a

la emergencia de nuevas ciencias tales como la computación. De esta dinámica no han permanecido ajenas la biología, la economía, la física o, ulteriormente, la totalidad de campos del conocimiento, hasta la fecha. Algo que sobrepasa enormemente una preocupación de origen ingenieril.

El desarrollo de la teoría o la ciencia de la información ha avanzado, al cabo, de la mano de la computación. Algo semejante a lo que aconteció con las ciencias de la complejidad (Pagels, 1991).

El mundo y la realidad, el universo y la vida se miden ya no única o principalmente en términos de masas o volúmenes, de energía, sino, mucho mejor, de unidades de información; esto es, de procesamiento de información, de unidades informacionales. Cada vez más, los físicos y los teóricos de la información son lo mismo.

Así las cosas, la información lo ha invadido todo, estamos inundados de ella, en palabras de Gleick “Hemos conocido al diablo de la sobrecarga de información y sus pervertidos subordinados, el virus informático, el teléfono ocupado...”. “Cada nueva tecnología de la información, a su debido tiempo, desencadena floraciones en el almacenamiento y la transmisión”. La expresión más superficial de esta situación son las redes sociales, sus dinámicas e intereses.

Lo anterior, es pues el punto de llegada pero también el punto de partida para las siguientes reflexiones en las cuales la información denota un modo de organización y de orden en el universo, permitiéndonos dibujar así un recorrido sucinto por el paso de la ciencia, por la historia centrandone nuestra atención en las revoluciones científicas y el papel de las teorías; la manera cómo estas han transformado la cultura y los modos de comprender la naturaleza, la vida, la salud y la muerte hoy; así como los modos de hacer investigación superando la ciencia normal desde la cual se resuelven problemas para pasar a una ciencia revo-

lucionaria (en palabras de Th. Kuhn) que si bien resuelve problemas, no parte de preguntas sino de la formulación de los mismos, y se soporta en nuevos paradigmas que no son los de la ciencia dominante o ciencia normal.

En este orden de ideas, a través del tiempo se ha venido transformando la forma de comprender la naturaleza, y con ella ha venido cambiando también los modos de hacer ciencia.

En verdad, estamos inundados de información, y en esta medida no solo se trata de comunicación sino de interpretación, de leer los códigos que habitan no solo en los mensajes hablados o icónicos, sino en el lenguaje mismo del cuerpo, de las comunidades, de la naturaleza, de la humanidad, del universo. Para que haya información debe haber lenguaje. Existen redes de información y al cabo emerge la sociedad de redes.

Como se aprecia sin dificultad, la teoría de la información ha traído consigo vertiginosos cambios, en el lenguaje, en las relaciones, en la cultura, en los modos de interpretar el mundo y en los modos de habitar el mundo. Mientras que es preciso mencionar los procesadores de información, los modos de encapsular información y procesarla, leyéndola, reescribiéndola una y otra vez, el dinero, por ejemplo, de otra parte, yace en cintas magnéticas y en las memorias de las computadoras cuantificados en bits. El mundo analógico ha sido escrito de una vez y para siempre. El mundo digital puede escribirse y reescribirse innumerables veces. En suma, cultural y científicamente visto, “cada vez más, los físicos y los teóricos de la información son lo mismo”.

El procesamiento de la información cada vez menos tiene lugar en términos binarios, 1 o 0. Gracias al desarrollo de la física cuántica y más específicamente, la computación cuántica ha puesto de manifiesto que, como sostenía A. Wheeler: *It comes from bit from qubit*. El mundo binario

es el que explica lo que son las cosas; el ser de las cosas es información. Y sin embargo, más radical y originariamente, la información misma, binaria en un comienzo, se explica mejor y procede a la vez de información cuántica: 1 y 0, a la vez. En otras palabras, el mundo clásico -1 o 0- se funda en y emerge del mundo cuántico -1 y 0-. Más exactamente, el mundo es ulteriormente cuántico. Una auténtica revolución, por donde se mire.

1.1.- Información y complejidad. Una primera mirada

Las ciencias de la complejidad pudieran ser comprendidas como una Cuarta Revolución Científica. Sin embargo, se encuentran implícitas en la Segunda y Tercera Revolución Científica. Decir ciencias de la complejidad requiere un espacio más amplio.

Se trata del estudio de los fenómenos, sistemas y comportamientos caracterizados por numerosos atributos, entre otros, la no-linealidad, la constitución y la emergencia de redes, la existencia de procesos de autoorganización, transiciones de fase de primer orden y particularmente de segundo orden, y varias otras propiedades. Análogamente a la revolución cuántica, los sistemas complejos son contraintuitivos, y existen, dicho técnicamente, en espacios de Hilbert, o también en espacios de fases; nunca en el espacio euclidiano.

Dicho de forma negativa, la complejidad comparte con la teoría cuántica el rechazo del principio de causalidad, y consiste en un pensamiento relacional, en red. Por ello mismo dentro de su lenguaje existen términos y conceptos como topología, grafos, hipergrafos, percolación y otros.

De manera puntual las ciencias de la complejidad pueden ser comprendidas como ciencias de frontera basa-

das justamente en problemas de frontera. Un problema se dice que es de frontera cuando una sola ciencia o disciplina es incapaz de entenderlo y, mucho menos, de resolverlo. Sin embargo, en este sentido, las ciencias de la complejidad no son las únicas ciencias de frontera y, por el contrario, conforma un grupo singular constituido igualmente y entre otras, por ciencias como las cognitivas, de la salud, de la vida, del espacio, de materiales, de la tierra y de las ciencias de la complejidad. En contraste con la ciencia de la Primera Revolución Científica, las ciencias de frontera carecen de “objetos”, y ni siquiera se ocupan de áreas o campos. Se definen, por el contrario, a partir de problemas, retos, desafíos, enigmas. En este sentido, por ejemplo, la vida no es el objeto de estudio de las ciencias de la vida, como tampoco es la salud el objeto de las ciencias de la salud. Se trata de problemas que no pueden ser comprendidos ni resueltos por una sola ciencia o disciplina, cualquier que ella sea.

Por consiguiente, la Cuarta Revolución Científica tendría como rasgo distintivo el hecho de que, semánticamente dicho, ya no se habla de “ciencia”, sino de ciencias (en plural). El plural apunta exactamente a una constelación de ciencias, por consiguiente de numerosas disciplinas, lenguajes, métodos y metodologías, técnicas y lenguajes. Nunca la historia de la humanidad había conocido una situación semejante.

Dicho lo anterior, es preciso señalar expresamente que no siempre hay complejidad y, más ampliamente, la mayoría de cosas en el mundo y la naturaleza no son complejas. Hay rasgos que permiten saber cuándo hay o no hay complejidad. Cuando no hay complejidad, para efectos prácticos, funciona la ciencia normal.

Como quiera que sea, hacer ciencia hoy consiste en superar la mirada clásica y reconocer la existencia de cien-

cias revolucionarias. Es atreverse a dar otras explicaciones, proponer nuevas teorías. Se trata de comprender que el lenguaje estadístico que le apunta a predicciones, ha sido superado por las distribuciones de leyes de potencia desde un abordaje de las ciencias de la complejidad. La estadística, que es una ciencia de probabilidades, adquiere numerosos matices. De manera puntual, siempre que se habla de distribuciones de leyes de potencia se afirma que hay complejidad.

Estamos inmersos en un mundo que ya no es uno, sino la configuración de múltiples probabilidades. En un mundo semejante, la ciencia no se basa en un método para llegar a verdades absolutas. El concepto de “verdad” ha muerto transformándose en el concepto de probabilidad. Este es un problema mayúscula, a todas luces.

En el marco de las ciencias de la complejidad las modelaciones y simulaciones son caminos al mismo tiempo metodológicos y heurísticos y en los que la información y las posibilidades ofrecen mecanismo de transmisión, interpretación, decodificación y cuantificación para numerosos fenómenos. Dicho de manera puntual, el modelamiento y la simulación no son probabilísticos, sino posibilísticos. Las ciencias de la complejidad son ciencias de posibilidades, y el modelamiento y la simulación constituyen una de las vías para el acceso a, y el trabajo con, posibilidades.

De manera fuerte y directa: la vida y la muerte no son ya considerados en términos de probabilidades, sino de posibilidades. Esto es, como sistemas dinámicos no-lineales.

Dicho de manera puntual:

La información es por donde discurre nuestro mundo: es la sangre y la savia, el principio vital. Impregna de arriba a abajo las ciencias, transfor-

mando todas las ramas del conocimiento. [...] En la actualidad incluso la biología se ha convertido en una ciencia de la información, una materia con mensajes, instrucciones y códigos [...] El mismo cuerpo es un procesador de información. La memoria no solo se encuentra en el cerebro, sino también en cada una de las células. (Gleick, 2011)

En este sentido, las revoluciones científicas han modificado nuestros modos de trabajar y de organizar el trabajo, hemos experimentado de la mano con estas, las revoluciones industriales. En un primer momento, la ciencia que hizo posible a la Primera Revolución Industrial fue la termodinámica, de la mano con las máquinas a vapor, su uso en la industria y la afectación al trabajo. Posteriormente, en la Segunda Revolución Industrial, la producción en masa, se apoyó fuertemente en la estadística; se trató de la producción seriada de la mano con la “administración científica” (Ford, Taylor, Fayol, Forrester) que influyó significativamente en los modos de producción. Seguidamente, la Tercera Revolución Industrial fue posible precisamente gracias a la información, se expresó en el desarrollo del internet y en general de toda la revolución digital hasta hoy. Finalmente, hasta la fecha, la Cuarta Revolución Industrial contribuye (no teleológicamente) a la complejización del mundo a partir del año 2016, en un proceso que apenas empieza y cuyos desenlaces constituye el objeto de estudio de numerosos científicos, economistas, políticos y estrategas. Se trata de la *síntesis* entre la dimensión física, química y digital, dentro de la cual la inteligencia artificial, la nanotecnología, las tecnologías 3D (las impresoras, por ejemplo), el Proyecto Genoma Humano y sus derivaciones, y el descubrimiento de nuevos materiales (como el grafeno) pueden ser usados para el bien de la humanidad, o también

podrían traer implícita una deshumanización de la gente. Emergen aquí unos puntos suspensivos para la reflexión. Existen posturas optimistas pero también pesimistas sobre los desarrollos en curso.

En cualquier caso, la Cuarta Revolución Industrial trae retos y desafíos para los estilos de vida de las personas, ya que la tecnología está modificando inclusive nuestra estructura física; de manera similar a la Tercera Revolución Científica la cual trae consigo cambios sociales y culturales en toda la línea de la palabra.

Debe ser claro, por tanto, que la explicación de las cosas en términos de los conceptos de masa o materia, de una parte; o de otra, desde el concepto de energía, han sido superados o mejor aún, subsumidos bajo el concepto mismo de información. Interpretamos ahora el mundo desde el concepto de información. “Ahora información tiene un significado más profundo: connota un principio cósmico de organización y orden, y ofrece una medida precisa de ello” (Gleick, 2011).

De manera radical, la información ahora está siendo concebida inclusive como unidad de vida, superando así la asociación explícita con la célula o el AD, vehículos que garantizan la replicación de la información. “Las células de un organismo son nodos de una red de comunicaciones sumamente intrincada, que transmiten y reciben, que codifican y descodifican. La propia evolución encarna un intercambio continuo de información entre organismo y entorno” (Gleick, J. 2011). En otras palabras, “el círculo de la información se convierte en la unidad de vida” (Según Werner Loewenstein citado por Gleick, 2011).

Nuestra época puede ser descrita sin dificultades como un momento inmensamente rico en información, como jamás había sucedido en la historia de la humanidad, y el manejo de la información se corresponde por consi-

guiente con las posibilidades de que la vida misma tenga más o menos grados de libertad. Las posibilidades de liberación y emancipación, o por el contrario, las políticas de control y sujeción pasan por la información; esto es, por su gestión, procesamiento y posibilidades. Aunque hay poderes que pretenden controlar la información, por primera vez en la historia del universo, esta pertenece a todos, y a fortiori su procesamiento, que es el conocimiento. Dicho negativamente, hoy por hoy el conocimiento no pertenece exclusivamente a alguien: Iglesia, Estado, poder, corporación, o lo que sea. Es un bien común, y las dinámicas y posibilidades de la vida se corresponden, plano por plano, con las posibilidades y dinámicas de la información y el conocimiento.

En resumen, mientras que la ciencia clásica es determinista, el futuro es simplemente probabilístico. Hoy, por el contrario, la predicción resulta altamente cuestionable si no imposible. Por ello mismo aparecen el modelamiento y la simulación, para trabajar con posibilidades. Todo un giro mental y cultural se produce de un concepto al otro. Hoy, la predicción aparece solo como un producto derivado de una muy buena comprensión, de una muy buena explicación. Pero ya no es la meta, *prima facie*, de la investigación científica. Por derivación, no lo es tampoco la “intervención” en el mundo y la sociedad. Las ciencias de la complejidad tienen de maravilloso haber descubierto en la historia de la humanidad la noción del tiempo. La complejidad es el tiempo, y es este el que hace a los fenómenos crecientemente complejos; en una palabra, impredecibles. El tiempo, cuando es inevitable e inescapable, nos pone de frente, cara a cara, con la complejidad. Análogamente a lo que sucede con la vida misma.

La física cuántica es lineal, no sabe de tiempo. Más exactamente, en la teoría cuántica el tiempo es presente

puro, superposición; esto significa, por ejemplo, que el gato (de Schrödinger) está vivo y está muerto al mismo tiempo. Esto es, todas las posibilidades se cumplen en el presente. El problema difícil es que la complejidad existe allá donde el tiempo se escapa. El reto magnífico aquí consiste en entender cómo emerge el tiempo a partir de la ausencia de tiempo, es decir, de la superposición de estados (Maldonado, 2017).

En cualquier caso, debe ser evidente que en el mundo actual ya es manifiesto que vivir consiste en procesar la información. Cuanta más y mejor información y más y mejor procesamiento de la misma se tenga, tanta mayor será la calidad de vida y las posibilidades, potencialidades y capacidades (*Capabilities*, Cfr. M. Nussbaum, 2011) de la vida.

Si el aprendizaje es un proceso inherente a la vida y, mucho mejor aún la condición para la evolución, el momento en que se deja de aprender es el momento en el que los sistemas vivos se acercan a la muerte, y la incapacidad de aprender se aparece como la imposibilidad de procesar nueva información. Dicho inversamente, lo que mantiene a la vida como una posibilidad abierta e inacabada es el amor por la información, el amor por el conocimiento, es decir, el gusto y la pasión por aprender cosas siempre nuevas. La juventud o la vejez de un pueblo, una cultura o una civilización es directamente proporcional a la nueva información disponible y su procesamiento. O bien, inversamente, el fundamentalismo consiste en la incapacidad para aprender e incorporar información nueva; aparecen entonces las semillas de la violencia, las guerras y la muerte. Con una salvedad: la información no es un fenómeno teleológico. Es decir, no conduce por sí misma a más y mejores horizontes.

Jamás sin los datos, y nunca de espaldas a la información –a nueva información– lo verdaderamente determinante es la capacidad de interpretar la información vieja

con la nueva información que aparece. Así las cosas, un problema que atrapa, que provoca, que incita y hace posible hacer ciencia, volverse científico o científica, y hacer verdaderas contribuciones para América Latina y hacer parte de la limitada lista con la que contamos en este momento, es aquel que, sobre la base de datos y mucha información invita a procesos de interpretación inteligentes, atrevidos, creativos, con imaginación.

La Tercera Revolución Científica tiene, como se observa, muy sugestivas o sugerentes aristas en el plano teórico, en el lógico y en el político. La información no solamente ha marcado una inflexión en el mundo actual, sino, mucho mejor, en toda la historia de la humanidad.

Cabe plantear aquí varios interrogantes¹. Por ejemplo, ¿si no contamos ya con un método de investigación desde la ciencia clásica que nos aproxime a las certezas, qué nuevas metodologías podemos seguir para aproximarnos a la interpretación de nuevos fenómenos de la vida? ¿Qué caminos podemos transitar para resignificar la salud y la educación, teniendo en cuenta que ya no forman parte, la educación o la salud del sector servicios, sino que lo son de la sociedad de la información? ¿Cómo generar conocimiento en salud y educación, desde la información como concepto físico y no material? ¿Cómo hacer ciencia en salud, cuando esta es indeterminada? ¿Cómo resistir a la ciencia normal y abordar los fenómenos desde las ciencias

¹ Estos interrogantes son el resultado de la discusión en varios seminarios de doctorado, especialmente en la Universidad El Bosque, con grupos de estudiantes y profesores acerca de las revoluciones científicas en general, y de la Tercera Revolución Científica en particular. Las preguntas que aquí aparecen deben ser leídas como génesis de otros interrogantes, intereses y preocupaciones, y en absoluto como asuntos que conducen a sí mismos.

de frontera, después de siglos de tradición científica dominante? ¿Por dónde iniciar este camino? ¿Cómo poder identificar fenómenos en salud y educación, analizables o no analizables desde la complejidad?

Debe ser claro, vivimos en medio de una verdadera revolución científica, variantes de revoluciones sociales, culturales y políticas (Cfr. Th. Kuhn). La Tercera Revolución Científica contiene las semillas del futuro previsible e imprevisible, a mediano y a largo plazo.

A large, stylized number '2' is the central focus of the image. It is rendered in a thick, black, sans-serif font with a white outline. The number is positioned in the lower-left quadrant of the frame. The background is a solid black color, which makes the white outline of the number stand out prominently. The overall aesthetic is minimalist and modern.

2

La realidad y la información.

**Información y procesamiento
de la información**

Sin reduccionismos, cabe decir que la realidad consiste en un procesamiento incesante de información (Vedral, 2010). Lo que se sabía acerca de la masa o la materia, lo que se sabía también acerca de la energía es válido igualmente en el marco de la teoría de la información, solo que esta conoce desarrollos que los dos conceptos físicos tradicionales no conocían. Así, por ejemplo, a título ilustrativo, puede decirse con propiedad que la información no se crea ni se destruye, sino que se transforma. Con una salvedad: la información no existe antes del procesamiento de información ni tampoco después de su procesamiento.

En otras palabras, la realidad es un código, y en cuanto tal, requiere ser decodificada. Esta decodificación es tanto la historia misma de la ciencia en general, como la historia misma del espíritu humano. Eso se llama cultura o historia. La realidad viene en códigos que deben ser descifrados. El desciframiento de la realidad es la historia del espíritu humano, pues a veces se le decodifica adecuadamente, y a veces existen retrocesos o estancamientos. A fin de decodificar la realidad es necesario, de tanto en tanto, acuñar nuevos conceptos y metáforas, inventar nuevas matemáticas, en fin, inventar nuevos métodos y herramientas. Dicho a *grosso modo*, la ciencia y la tecnología confluyen en este esfuerzo de desciframiento de la realidad. Como decía Heráclito: a la naturaleza le gusta esconderse, y no siempre es evidente, plana ni directa.

Pues bien, quizás la mejor teoría jamás desarrollada para decodificar la realidad es la teoría cuántica. En verdad, la física cuántica es la más robusta, la más testeada, la más verificada, la más falseada teoría jamás desarrollada en toda la historia de la humanidad. Un tercio de toda la economía mundial descansa hoy por hoy en tecnologías fundadas en principios y comportamientos cuánticos. Toda

la tecnología de punta en el mundo es tecnología basada en comportamientos y principios cuánticos. En fin, la física cuántica ha sido testada hasta el onceavo decimal, esto es, 0,00000000001. Absolutamente ninguna otra teoría exhibe esta robustez.

En una palabra, la mejor teoría para establecer qué es el mundo, el universo o la realidad, es la teoría cuántica. Ahora bien, si la información es un concepto físico y no material, ¿cómo se lleva a cabo su procesamiento? La respuesta a esta pregunta permite elucidar la relación entre información y realidad. Cabe distinguir dos clases de información y, consiguientemente, de procesamiento de la misma. Los dos sentidos de información ya fueron discutidos en el capítulo anterior. Giremos entonces la mirada en dirección al procesamiento de la información.

La primera comprensión acerca de su procesamiento se refiere a la máquina de Turing (TM), con todo y el reconocimiento de que existen diferentes máquinas de Turing. La historia de la (TM) puede rastrearse sin dificultad hasta los primeros desarrollos gracias a A. Lovelace o Ch. Babbage (Isaacson, 2014).

En general, una máquina de Turing –que es en rigor una máquina de múltiples propósitos (*all purpose machine*) gracias justamente a que “interpreta el mundo en términos de información–, consiste en dos mecanismos básicos. De una parte, una cinta que entra a un procesador –el CPU, la Unidad Central de Procesamiento–, en el más universal de todos los lenguajes: el lenguaje binario, desarrollado originariamente por G. Boole, y la cinta que sale del procesador traduciendo el lenguaje binario en lenguajes particulares (inglés, español, francés, chino, etc.), o bien con imágenes y demás. De otra parte, actuando exactamente a la manera de una caja negra, está la CPU. En el lenguaje actual aquel

es el software (= lenguaje(s) de programación), y esta es el hardware (= la máquina en el sentido físico de la palabra); esto es, mecanismos, disco duro, circuitos eléctricos y electrónicos, tornillos y demás.

Es perfectamente posible decir que existen varias (TM), así: la máquina de Turing determinista, máquina oráculo (O-TM), no-determinista (U-TM), máquina de Turing multidimensional (Md-TM), y varias más. Este primer modelo de procesador de información es lineal, secuencial y opera de arriba hacia abajo; esto es, a partir de comandos que un agente humano le indica. Técnicamente, todos los computadores, de escritorio o portátiles son de este tipo, y se conocen como máquinas con la arquitectura de Von Neumann, haciendo alusión a J. von Neumann (1903-1957).

Numerosos físicos, científicos de la computación y otros están enfrascados en la construcción en una máquina que sea diferente a la (TM). La expresión al mismo tiempo más acabada y más popular de una máquina semejante es la computación cuántica; o lo que es equivalente, el procesamiento cuántico de la información. Este es el segundo modo de procesamiento de información, no ya clásico. Sin embargo, el título más amplio para un procesamiento de información no-clásico (TM), se conoce como “computación no convencional, e incluye variables de computación como la hipercomputación, la computación emergente, o la computación interactiva.

Digámoslo de manera puntual y directa: contra cualquier modelo de (TM), un segundo modo de procesamiento de información no es como máquina en ninguna acepción de la palabra. En consecuencia, se trata del procesamiento de información que puede ser dicho de dos maneras equivalentes: como la naturaleza, o bien, como la vida.

Pues bien, es exactamente en este segundo sentido que, ulteriormente, el universo puede entenderse en términos de información o de un gran procesador cuántico (Lloyd, 2006). Como la vida misma, por lo demás.

En consecuencia, nuevos significados sobre el mundo en general aparecen y son posibles, desde la estructura, origen y sentido de los agujeros negros, hasta los trabajos en torno a la teletransportación; desde el descubrimiento de nuevos órganos y tipos de célula en el cuerpo humano, hasta la identificación de tipos de vida que jamás habían sido identificados en el subsuelo terrestre, poniendo en cuestión la comprensión de la vida habida hasta la fecha. La vitalidad de la investigación de punta se corresponde, absolutamente, con las dinámicas y formas de la información. Los ejemplos podrían multiplicarse sin límites apuntando en general a toda la ciencia e investigación de punta en el mundo. La cara más externa y superficial de esta ciencia, ante el gran público, es la inteligencia artificial.

En cualquier caso, un enigma profundo emerge, a saber: cómo es posible que un universo determinista emerja sobre el fondo de comportamientos y estructuras esencialmente aleatorios.

No en última instancia, lo que hacen los sistemas vivos en general para vivir es procesar información. Ahora bien, tal procesamiento puede ser adecuadamente entendido como metabolización. Esto es, computar, procesar información o metabolizar significa transformar una cosa, A digamos, en otra, B por ejemplo. Así, procesar información no es simple y llanamente leer el entorno para los sistemas vivos, sino, además, y consecuentemente, introducir en el entorno algo que antes no existía, a saber, más y nueva información. Son muchas las formas como esto sucede en el

caso de los sistemas vivos: modificando el medioambiente, creando o adaptando herramientas, teniendo críos, construyendo o adaptando nichos y muchas otras formas más.

No en última instancia, la salud misma puede ser entendida como procesamiento de información. Un buen procesamiento consiste exactamente en buena salud, y procesamiento defectuosos, erráticos o inexactos se traducen en enfermedad y patologías.

Pues bien, quisiéramos formular una tesis, con respecto a la Tercera Revolución Científica. Poder procesar información implica pensar como la naturaleza, en la cual no existen jerarquías, sino el mutualismo, el comensalismo, la cooperación, las redes, los grafos e hipergrafos, entre otros. Generalmente pensamos en términos antropocéntricos, jerárquicos, lineales, haciéndose necesario pensar en paralelo, es decir, pensar como la naturaleza, en la cual existen redes. El cuarto capítulo está enteramente dedicado al estudio, exposición y extensiones de la tesis mencionada.

Como resultará evidente, el sistema de interpretación inherente a los seres vivos se lleva a cabo a través de los procesos biológicos. Los sistemas vivos resuelven problemas altamente complicados como si fueran problemas elementales, y los resuelven siempre con un principio de menor esfuerzo o conservación de energía. Un sistema vivo sano o saludable, en cualquier acepción de la palabra es aquel que no se satura de información. Sin dificultades, la información tiene que ver con la comunicación y la interpretación. El procesamiento de información por parte de los sistemas vivos es un proceso que abarca todas las escalas y expresiones de la vida, desde los seres humanos hasta los extremófilos, las bacterias y los virus, las plantas, los hongos, los parásitos y los animales.

En verdad, incluso en las escalas microscópicas, la célula, la bacteria, el virus interpretan el entorno de manera

permanente y natural. Desde el punto de vista teórico, sin embargo, surge una dificultad. Se trata del hecho de que, a la fecha, no existe una teoría de la comunicación compleja para el siglo XXI. Si bien es cierto, como lo advierte L. Margulis (2001) que la primera tecnología que destaca en la historia del mundo es el lenguaje entre los sistemas vivos.

En efecto, la primera forma de lenguaje en la naturaleza es la quimiotaxis, es decir, la comunicación a partir de estructuras químicas (moléculas). Lo que la sociedad sabe de esta forma de comunicación es básicamente la importancia de las feromonas. En el siguiente capítulo profundizaremos en este tema.

La idea de base aquí es que los seres vivos se comunican a través de procesos moleculares. En el caso de los seres humanos, la importancia de las feromonas se ha perdido por culpa de la cultura, con lo cual la comunicación de los humanos se lleva a cabo esencialmente a través de símbolos y signos, significados y significantes.

Gracias a la importancia y manejo de signos, símbolos, significados y significantes, los seres humanos han perdido la fuerza del instinto, las afinidades; pues bien, es exactamente en este marco como Vedral (2010) hace un llamado acerca de la necesidad y la importancia de procesar la información.

En una consideración más general, en la actualidad se cuenta con una teoría de la comunicación propuesta a finales de los años 60 por Marshall McLuhan en la que la interconexión humana se propuso a escala global generada por los medios electrónicos de comunicación, destacándose la idea según la cual «el medio es el mensaje» (McLuhan, 1964; 1968; 1969).

Necesitamos una teoría de la comunicación para el siglo XXI. Una teoría semejante deberá ser una teoría compleja de la comunicación. Esta es una tarea pendiente.

Son múltiples las expresiones de la vigencia de las ideas de McLuhan. Por ejemplo, en el medio académico, la importancia (¿sobrevaloración?) de las revistas con impacto, la inscripción de las revistas según los cuartiles y las empresas editoriales (Thompson, Scopus, Elsevier, Springer, etc.), y muchos otros aspectos semejantes. Importa más el medio en el que se publica que lo dicho propiamente tal. El medio es el mensaje. Este ejemplo puede extenderse sin ninguna dificultad al estudio de los medios de comunicación en sentido amplio.

Como quiera que sea, manifiestamente, el universo no parece estar compuesto tanto de materia o energía como de información, pero si ello es así, entonces la puerta que se encuentra inmediatamente ante nosotros es la teoría cuántica. Incluso en la escala cotidiana. Las dinámicas y estructuras del mundo y de la realidad bien parecen estar fundadas en procesos de información; esto es, entrelazamiento, e incluso tele-transportación; procesamiento cuántico de la misma, y la posibilidad de que, por primera vez en la historia, los decodificadores, los descifradores y decriptadores puedan tener la iniciativa sobre toda la historia de la humanidad habida hasta la fecha, que ha sido el triunfo de la codificación, ciframiento y encriptación de la información. Así, el conocimiento ha estado aislado de la sociedad. La teoría de la información es la revolución que pone de manifiesto que el conocimiento es un bien universal y que no puede ser encerrado o aislado del resto de la sociedad. Literalmente, entramos en una época de inmensa riqueza: información y comunicación, conocimiento y educación. Jamás la familia humana había sido tan rica como en el presente y, previsiblemente, hacia el futuro.

Cabe, de manera puntual, referirnos a una de las ciencias de la complejidad (Maldonado, 2019b) como a

una ilustración de las ideas que preceden. La epigenética constituye un excelente ejemplo sobre cómo la información genética no es determinante, y por el contrario, se imbrica fuertemente con la información cultural, en los procesos, por ejemplo, de salud o enfermedad de los seres humanos. Más exactamente, hay procesos de información culturales que logran una expresión genérica, varias generaciones después de que una determinada experiencia hubiera tenido lugar. Un determinado ambiente familiar o social puede tener repercusiones a mediano y largo plazo sobre una persona. Dicho brevemente, la epigenética pone de manifiesto que no existen dos cosas: la naturaleza y la cultura, sino que ambas son una sola y misma cosa: un proceso aprendido y heredado, aunque no siempre consciente o reflexivamente, de experiencias culturales que logran afectar biológicamente al organismo.

Dicho sin más, interpretamos de manera diferente, metabolizamos el mundo de manera distinta. La complejidad estriba en la no-separabilidad y, por el contrario, la fuerte imbricación entre cultura y naturaleza.

Puede decirse, en consecuencia, que tanto biológica como culturalmente, la diferencia en los individuos, en las poblaciones y en las culturas, está en la interpretación y en la capacidad de procesar los datos, pues estos son sedimentación, materialización o corporeización de experiencias múltiples y diversas. La complejidad de la información requiere, por tanto, la capacidad de su interpretación global, integral.

Digamos, *en passant*, que los problemas de salud no pueden ser resueltos por el Estado, no aquí ni en ninguna parte, dado el carácter fragmentario y compartimentalizado del Estado y el Gobierno: competencias administrativas, jurídicas, financieras y otras. Los problemas de salud no

pueden ser resueltos por el Estado, pero tampoco pueden serlo sin el Estado. Análogamente a los problemas de educación o de medioambiente, por lo demás.

La complejidad es cualquier cosa menos una visión fragmentada del mundo y la realidad. Lo cual, dicho de manera fuerte, tampoco implica una visión de sistema y mucho menos sistemática de la realidad y el mundo, *à la Hegel*, por ejemplo.

Recabemos en esta idea. La información requiere una aproximación integrativa de los fenómenos y las estructuras. La clave se encuentra en su procesamiento. La información no existe ni antes ni después del procesamiento, ella existe en el procesamiento mismo. Sin embargo, es bueno tener presente que no siempre nos encontramos procesando información; lamentablemente gran parte del tiempo nos encontramos en modo automático de vivir la realidad, distantes muchas veces de estados de conciencia reflexivos que nos permitan procesar la información poniendo en riesgo nuestra salud, nuestra existencia, nuestra integridad.

Si la salud se piensa asociada a las capacidades de procesamiento de la información, podría decirse entonces que no hay una forma única de medir la salud, lo que desde la complejidad se denomina *multiescalaridad*, esto es, el hecho de que un fenómeno complejo admite escalas distintas en sus procesos de explicación, pero las diversas escalas se encuentran en estrecha relación entre ellas y ninguna tiene, a priori, absolutamente ninguna prelación sobre las demás. Dicho inversamente, un fenómeno que no sea complejo, admite una sola escala(ridad).

Ahora bien, ¿cómo se puede medir la capacidad de procesamiento de la información? Es conveniente aquí distinguir entre la ciencia clásica y la ciencia de punta hoy; la primera producía (y produce) datos numéricos; en la segun-

da si bien también se producen datos numéricos, también se producen otras cosas, tales como: relatos, discusiones, posibilidades, decisiones, acciones.

El mundo cuántico, parece enfocarse en la escala microscópica, pero en realidad pone de manifiesto que las escalas macro y micro del universo y de la realidad conforman una unidad indisoluble. Lo menos que puede decirse es que el mundo macroscópico —o clásico— es el resultado, el efecto en rigor de comportamientos cuánticos que se encuentran en su base. En las variaciones entre una escala y otra, el tiempo resulta ser decisivo en los procesos de la vida.

Ahora bien, si para medir la enfermedad necesitamos de buena ciencia, educación y tecnología, para medir la salud necesitamos los mismos componentes y, adicionalmente, necesitamos una pizca de suerte y sabiduría. Quisiera decirlo de manera franca: esta pizca de sabiduría y suerte es un elemento singular de un procesamiento de información perfectamente distinto a cualquier máquina de Turing. Es exactamente aquí en donde nace la complejidad del procesamiento de la información. En cualquier caso, es preciso tener en cuenta que la información no es conocimiento, y el conocimiento no es sabiduría. La sabiduría no se enseña, pero sí se puede aprender.

Una advertencia importante se impone. Aunque se habla de universo microscópico y universo macroscópico, es importante aclarar que desde la física cuántica no hay una sola palabra que nos permita distinguir, y mucho menos jerarquizar, el mundo microscópico y macroscópico, las diferencias entre las dos escalas de la realidad son de tiempo.

En verdad, más exactamente, el mundo microscópico está constituido de tiempos vertiginosos, muy breves. Estos, los tiempos de la salud, del hambre, del amor, de la atención, la vigilia y muchos más. Por el contrario, los

tiempos del mundo macroscópico son amplios y lentos. Los primeros son los tiempos de las escalas: mili, micro, nano, pico, atto, femto y yocto, en tanto que los segundos hacen referencia a los segundos, minutos, horas, días, semanas, meses, años, siglos. El asunto está en trabajar en los tiempos vertiginosos para trabajar al mismo tiempo en los tiempos del mundo macroscópico. Dinámicas que deberían poderse abordar desde las ciencias sociales. Este es un tema amplio que desborda aquí el espacio disponible en este texto. Para mayores detalles, remitimos a las Referencias del autor.

3

La información y la naturaleza.

Información y realidad natural y social

J. Roederer (2005) presenta la hipótesis según la cual la información es una característica definitoria de los sistemas adaptativos, como por ejemplo el sistema nervioso y el genoma, y que no es la formulación de Shannon la que necesitamos para entender la vida, sino un concepto de información pragmática que captura propiedades semánticas o funcionales de comunicación, gracias a los cuales debe ser posible alcanzar un marco conceptual de lo que se entiende por información. Un logro semejante habrá de permitirnos, adicionalmente, organizar los fenómenos físicos.

Así, la información desempeña un papel incontrovertible en el control de procesos naturales. Sobre la base de la revisión de la teoría de la información clásica y la cuántica, es posible, como punto de partida, plantear una serie de interrogantes. Temáticamente es posible abrir, entre otros, los siguientes:

- La energía de un sistema complejo consiste en una pluralidad de estas –potencial, cinética, eléctrica, electromagnética, química, informacional y varias más–. La vida puede decirse que consiste en la armonía de las diferentes formas de energía y manifiestamente no de una sola por encima de las demás. La homeostasis es un balance dinámico. Pero es bien sabido que la homeostasis constituye tan solo una fase del problema cuya contraparte es la homeorhesis. La vida, en otras palabras, es el resultado de las tensiones entre ambas fuerzas, o grandes formas de energía; una que tiende a aplastar al organismo, y la otra mediante la cual el organismo resiste a las fuerzas y presiones de la homeorhesis. La salud es el resultado

del balance entre ambas. Pues bien, tal balance es el resultado de adecuados procesamientos de información. Solo para efectos pedagógicos, digamos: presiones externas al organismo y presiones internas.

- La información es una unidad física que no es material o tangencial. No debe ser entendida en términos de campos (de fuerzas, por ejemplo), sino, más bien, como el proceso mismo de la existencia. Vivir consiste en procesar incesantemente información; esto es, leer e interpretar adecuadamente el entorno y a su vez, concomitantemente, en introducir en el mundo nueva información que antes no existía.
- En este sentido, la información es una nueva escala de la física –la física cuántica diría notablemente: función de onda–, que asciende, si cabe la expresión, de la masa o materia, de esta a la energía, y de esta a su vez a la información. Como se aprecia, no existe una definición única de la información, y más bien se la debe entender en términos de lo que ella hace o de lo que sucede gracias a la misma.
- De manera precisa, análogamente a como los sistemas, fenómenos o comportamientos complejos deben ser adecuadamente entendidos como sistemas de complejidad creciente, asimismo, la información consiste en un sistema no-lineal, en el sentido de que los sistemas vivos tienden a ganar información, aunque ello no necesariamente signifique que tienden a ganar memoria. La flecha del tiempo, notablemente, la flecha cosmológica del tiempo, que

apunta manifiestamente hacia la complejización de la naturaleza y de la realidad, no es diferente a la flecha mediante la cual el universo mismo tiende a ganar información. El procesamiento de información no sucede de manera lineal y secuencial. Internet, la vida misma, son ejemplos de esto.

- Consiguientemente, puede decirse legítimamente que el universo mismo es un proceso mediante el cual genera incesantemente nueva información. Esta idea puede traducirse idóneamente en los siguientes términos: la vida es la mejor respuesta que el universo pudo jamás haber encontrado para resolver el principal problema al que se veía abocado: la entropía; esto es, una entropía creciente. No es cierto, en absoluto, que la vida niegue la entropía (= neguentropía); mucho mejor, lo que sucede es que la vida reduce la entropía del universo y la mantiene baja, para, así, hacerse ella misma posible (la vida). La historia del universo es la historia mediante la cual ganamos información, aunque no por ello, necesariamente, memoria.
- Sin ningún afán reduccionista, pero tampoco concluyente o conclusivo, puede decirse entonces que la vida misma es información, sujeta la siguiente ecuación:

$$M \in E \in I$$

- Y que significa que la materia queda incluida en la energía, la cual a su vez queda incluida en la información. Física, conceptual, científica, filosóficamente.

- Dicho lo anterior, los sistemas vivos consisten en un sinnúmero de formas de procesamiento de información. Los niveles de la biología bien apuntan a una escala o modo de esta pluralidad, desde los genes a las proteínas, desde estas a los aminoácidos, y así en orden creciente, siempre con entrelazamientos y redes. Pero debe ser claro que los niveles de la biología apuntan tan solo en una dirección. El tema de los entrelazamientos y tipos de procesamientos de información constituye muy bien el objeto de una teoría de la vida, algo de lo cual carecemos hasta la fecha. Verosímilmente, la Tercera Revolución Industrial pudo allanar buena parte del camino hacia la constitución de una teoría de la vida, que no es distinta a una teoría de la complejidad (otro tema que permanece ausente hasta el momento). La idea anterior admite una mayor complejidad una vez que se reconoce la validez e incluso la complementariedad de un enfoque darwinista y de un enfoque lamarckiano. Como se aprecia, el tema resulta altamente sugestivo y promisorio.
- Sobre la base de lo que precede, debe quedar en claro que el cerebro no es la única ni tampoco la principal forma de procesamiento de información en el organismo. Hay otras formas de complejidad semejante o mayor, como el sistema inmunológico. En cualquier caso, contra los reduccionismos de tipo encefalocéntrico, debe quedar claro que el sistema nervioso central es en realidad la confluencia de tres sistemas en uno solo, así: el sistema nervioso central (el cerebro), el sistema endocrino y el sistema inmunológico.

- No en última instancia, el tema que aparece, más pronto que tarde tiene que ver entonces con la elucidación acerca de cómo emerge la (auto)conciencia humana. Que no es, en realidad, sino una expresión particular de un problema más general, a saber: establecer si y cómo existe: a) la conciencia, y b) la autoconciencia en otros niveles de la vida además de la especie humana; los animales, por ejemplo. Pues bien, hay que decir que la conciencia no es, en absoluto, un rasgo distintivo de los seres humanos, sino que también está presente en toda forma de vida. Mucho mejor y más radicalmente aún, la autoconciencia tampoco es una prerrogativa exclusiva o distintivamente humana. Se han identificado comportamientos que expresan autoconciencia también en otras formas de vida: desde mamíferos superiores (perros, caballos, por ejemplo) hasta aves e incluso plantas². El estado de la investigación al respecto es muy reciente y, con optimismo, cabe afirmar que la identificación de conciencia y autoconciencia en otras formas de vida, más ampliamente, será uno de los logros de la investigación científica en el futuro.

En cualquier caso, como quiera que sea, con respecto al concepto nuclear de la Tercera Revolución Científica, es importante precisar que su comprensión no se funda, ni se agota en una fórmula matemática o depende de otra instan-

² Una ampliación y soporte de esta idea se encuentra en las Referencias del autor.

cia (como la masa depende de la fuerza, para ser explicada), sino, mucho mejor, es un concepto eminentemente relacional. La información es una interacción entre diferentes fenómenos del mundo, desde la escala física a la química, desde la biológica a la humana. En su expresión más fundamental en el mundo físico, la información existe cuando se da, cuando se interactúa con él, y se extrae información mediante la observación y medición. Por su parte, para los organismos vivos, la información define la existencia misma.

En efecto, con el fin de obtener un equilibrio termodinámico, de aumentar su organización y reproducirse y adaptarse (*fitness*), se requiere que el organismo confíe en o también en el procesamiento que hace de la información, de tal suerte que las interacciones basadas en la información, en las formas o patrones, le permita una mejor capacidad de supervivencia y de adaptación. En este sentido, el equilibrio termodinámico pone en evidencia que la energía no es ya el factor determinante, sino, adicionalmente, la información misma. Ahora bien, los procesos de información biomolecular controlan el metabolismo, el crecimiento de las células y los procesos de información neuronales que dan lugar a la inteligencia y al comportamiento de los animales. Nueva información emerge en el mundo como resultado de la evolución biológica, y más exactamente como resultado de la coevolución; esto es, la adaptación al entorno por parte de un organismo o una especie y la modificación que el organismo lleva a cabo sobre el medioambiente al cual se ha adaptado. Biológicamente, la información coincide, plano por plano, con la evolución.

En el caso de los seres humanos, el cerebro ha llegado a ser evolutivamente determinante para su evolución y existencia. Este hecho ha conducido a un cierto reduccionismo encefalocéntrico que afirma que el cerebro es el órgano más complejo que existe en el universo y del cual

depende, sin más, la vida de individuos, pueblos y sociedades. En efecto, el cerebro es, en el caso de los seres humanos y de otros mamíferos superiores, el único órgano endoesquelético, protegido por completo por el cráneo, encerrado en él, y con acceso al mundo tan solo a través de dos medios: los agujeros que tiene el cuerpo humano (ojos, oídos, olfato, gusto y la cavidad bucal) y las extensiones del cuerpo, notablemente las manos y el tacto. El resto del organismo humano es altamente frágil debido a que es exoesquelético. En muchos casos, se trata de órganos y sistemas protegidos básicamente por la piel, el más grande de los órganos humanos. Todo, con una observación fundamental: en realidad el cerebro no es un órgano, es una glándula. La existencia humana depende esencialmente de dos grandes glándulas: el cerebro y el estómago.

El cerebro es, efectivamente, una glándula hormonal que segrega esencialmente dos cosas: impulsos eléctricos e impulsos químicos; y es sabido que todo impulso químico es un impulso eléctrico. De manera específica, en el caso de los seres humanos, el cerebro es una glándula que depende enormemente del hipotálamo, que lleva a cabo esencialmente funciones vinculadas con todo el sistema endocrino (Vincent, 2002).

El cerebro es importante en muchos seres vivos porque, a pesar de estar encerrado (en el cráneo), recibe información a través de los sentidos –especialmente de la vista–, es esencialmente reactivo –al igual que el sistema inmunológico–: le llega información del mundo alrededor y reacciona de forma dúplice al mismo tiempo: comportamental y metabólicamente. El comportamiento apunta directamente al sistema nervioso central y a la importancia de los neurotransmisores. Los cambios metabólicos refieren a todo el sistema endocrino, a las hormonas por tanto, y a la importancia de los humores.

Sin embargo, en rigor, en el mapa de los sistemas vivos, el cerebro constituye una gran excepción, pues la inmensa mayoría de sistemas vivos carecen de cerebro; notablemente las plantas, que conforman alrededor del 97% de la biomasa del planeta. En la misma dirección, los virus y las bacterias tampoco tienen cerebro. Y sin embargo, plantas, bacterias y virus, por ejemplo, tienen mente. Son sistemas vivos³.

La mente consiste en responder a los problemas del mundo, y la forma como responde a los retos y desafíos de la realidad es creando nuevas realidades. La mente crea nuevos mundos y posibilidades, y no se reduce al cerebro, ni se agota en él. En los sistemas vivos, el procesamiento de la información es, ulteriormente, un proceso metabólico, en el que el cuerpo se encuentra absolutamente comprometido, de principio a fin.

Ningún problema queda realmente resuelto si en el proceso el cuerpo mismo no está comprometido en la solución de los problemas; esto es, una verdadera solución de problemas es finalmente un fenómeno metabólico. Cuando el cuerpo y los procesos metabólicos no están comprometidos pueden suceder dos cosas: o bien el problema era un pseudoproblema, o bien no se ha resuelto nada.

3.1. Información, conocimiento y observación

El tema de la información y su relación con la realidad conoce, en la historia de la ciencia, un debate fundamental

³ Queda la discusión, abierta por lo pronto en la historia de la biología, acerca de si los virus, análogamente a los priones, son o no sistemas vivos. Omito aquí una ampliación o profundización del tema.

por inteligente y agudo. Se trata del debate de Copenhague. De un lado, Einstein, que es realista y determinista, cree que en el mundo existen efectos locales y por consiguiente existe una relación entre sujeto y el objeto, el sujeto es el que determina lo que le sucede al objeto y el objeto es independiente al sujeto. Sostenía Einstein que cuando un árbol cae en el bosque, así no sea visto, efectivamente cae. Por su parte Bohr, es indeterminista, introduce el problema de la medición y es el padre de la idea de la no localidad. La realidad depende del observador, y el acto de la observación modifica el comportamiento del objeto observado.

El problema del cerebro se puede trasladar a varios filósofos de la antigüedad, pero se puede resolver en la historia de la ciencia y de la filosofía gracias a John S. Bell, quien introduce el concepto de entrelazamiento cuántico. Gracias a Bell, epistemológicamente dejamos de pensar en términos de singularidades o de individuales. Ser occidentales significa creer que en el mundo hay individuos —cosas individuales digamos—, y que el mundo y la realidad se pueden explicar agregativa o composicionalmente. Pero siempre en la base hay: un árbol, una casa, un hombre, una mujer, un pueblo, un dios, y así sucesivamente. Bell es el primero, resolviendo el debate entre Einstein y Bohr, que indica que en el mundo no existen, en absoluto singularidades o individualidades, sino relaciones.

Dicho en términos lógicos, lo importante no son A y B, cualesquiera que sean, sino lo que sucede entre A y B; por ejemplo, relaciones de negación, relaciones de implicación, relaciones de doble implicación y otras. Es la relación lo que les confiere sentido significación y realidad a A y a B. Por fuera de la relación que tienen A y B carecen de cualquier sentido o realidad.

Pues bien, Bell retoma un concepto que fue introducido originariamente por E. Schrödinger, pero que este

nunca desarrolló: *Verschränkung*. La forma como Bell entiende y traduce la *Verschränkung* es como *entanglement*; el entrelazamiento. Y dado que el marco en el que descubre el entrelazamiento es la física cuántica, entonces el concepto se denomina entrelazamiento cuántico (Jaeger, 2009).

De manera precisa, pensar en términos cuánticos es pensar en términos nodales, relacionales, en entrelazamiento. Esta es la historia que marcará a la segunda parte de la Segunda Revolución Científica (la primera parte comprende desde 1905 hasta 1934), que va desde 1954 hasta la fecha. Como se aprecia, existe una fuerte confluencia entre la segunda parte de la Segunda Revolución Científica y la Tercera Revolución Científica. El conocimiento y el mundo se hacen así sugestivamente complejos.

En la historia entre Einstein y Bohr, es necesario mencionar una figura importante. Se trata de Ernest Pascual Jordan, matemático y físico teórico que hizo significativas aportaciones a la mecánica cuántica y a la teoría cuántica, y el único científico de la primera parte de la Segunda Revolución Científica que no ganará nunca el premio Nobel (a diferencia de todos los demás: Planck, Einstein, Bohr, Born, De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, para mencionar a los más importantes). La razón es que Jordan permaneció en Alemania durante el régimen de Hitler y fue miembro del partido nazi. Jordan sostiene que el acto de la observación no sólo modifica el comportamiento del objeto observado sino, adicionalmente, crea al objeto observado (cfr. Maldonado, 2019 en las Referencias del autor).

Así, el entrelazamiento cuántico pone de manifiesto que el mundo y la realidad no consiste en individualidades y en agregaciones y composiciones de individualidades, sino en codependencias, interrelaciones, interacciones, conexiones. Así las cosas, la idea de causalidad pierde su carácter universal y necesario y aprendemos a pensar, por el

contrario, en términos de correlaciones. Esto es, el efecto es a su vez causa de la causa, y la causa es el efecto del efecto; causa y efecto se encuentran en ambos extremos. Por así decirlo inciden y se afectan recíproca y necesariamente. Si gracias a las ciencias de la complejidad –notablemente, gracias al caos–, la ciencia y la sociedad aprendieron la importancia de la mariposa de Lorenz; esto es, que mínimas acciones pueden tener efectos inmensos e impredecibles, asimismo, la teoría cuántica pone en evidencia que las cosas del mundo conforman un solo entramado, así las interacciones sean débiles y a distancia. La realidad y el mundo son un tejido de consecuencias, unas de las otras.

Dicho lo anterior, lo cierto, sin embargo, es que en el “mundo real”, las cosas se siguen manejando y se las sigue entendiendo en términos: a) precuánticos, y b) masivos y de energías, y no tanto de información y de su procesamiento.

Existe un problema social, cultural y educativo enorme, relativo a la Tercera Revolución Científica. Se trata del hecho de que la inmensa mayoría de personas siguen siendo pasivas frente a internet, que es la cara más externa y más inmediata de la Tercera Revolución Científica. La inmensa mayoría de personas se sientan ante un buscador –digamos Bing, Google, Safari o cualquier otro–, escriben un término o una frase o idea y esperan a que el buscador les aborde la respuesta o un abanico de respuestas. La inmensa mayoría de las gentes, en el mejor de los casos, se están enterando de cosas como: el aprendizaje de máquina (*machine learning*), aprendizaje profundo (*deep learning*) y analítica de datos (*data analytics*), por ejemplo. Ya la UNESCO lo señaló hace un tiempo: la principal forma de analfabetismo contemporáneo es el tecnológico. La gente sabe leer la información, en el mejor de los casos, pero no sabe escribirla. Pues bien, hoy por hoy, escribir la información pasa por

el conocimiento de lenguajes de programación (*software, logiciels*). De manera más grave aún, la mayoría de las personas creen que internet es un acervo de información pero desconocen en realidad la web profunda (*deep web*), y cómo navegar, encontrar y aprovechar información en ella.

Sin ambages, la libertad, la autonomía y la independencia, de un lado; pero, al mismo tiempo, de otra parte, la calidad de vida y el bienestar pasan medularmente, hoy en día, por el conocimiento de las dinámicas de la información. De un lado, hay quienes están pretendiendo manejar la información como una manera de manejar a la sociedad en su conjunto (Facebook, Google y varios más). De otra parte, hay también personas, grupos y organizaciones que entienden lo que está en juego con la información y la complejidad de la misma, y se abocan a conocerla, divulgarla, compartirla, descriptarla y hacer de ella un bien común (ni siquiera un bien público).

El mundo pre-cuántico y pre-informacional se caracteriza por, y se funda en, el principio de tercero excluido, formulado originariamente por Aristóteles. Esto es, imposible que una cosa sea otra; las cosas, el mundo, la realidad consiste en y contiene identidades. El principio de tercero excluido se afirma como el principio de identidad (y desde aquí, se lo extiende en varios sentidos: identidad nacional, identidad cultural, identidad sexual y varios más).

El principio de identidad – $A \rightarrow A$, se reafirma por vía de contraste, en el marco de la lógica formal clásica y gracias a la filosofía de Aristóteles, con el principio de no-contradicción; es decir, es imposible que A sea no A ($\text{Si } A \rightarrow \sim\sim A$). Finalmente, el principio de tercero excluido se formaliza en la forma: $\text{Si } A \rightarrow \sim B$.

En términos experimentales, la física cuántica ha ido de la mano con la teoría de la información (;cuántica!) y ha

puesto de relieve que el entrelazamiento existe y es posible no solamente ya entre dos términos u objetos, sino, entre tres y cuatro. Por derivación, el entrelazamiento tiene lugar entre numerosos términos u objetos. Esta es una historia muy reciente que apenas se cuenta en términos de algunos lustros.

La información no es un esto, sino un flujo, una dinámica, un proceso. Análogamente a lo que enseña la teoría cuántica. En contraste, la Primera Revolución Científica entiende el mundo y los fenómenos en términos de estados; justamente, o una cosa, o la otra, pero no las dos al mismo tiempo. La Segunda y la Tercera Revolución Científica tienen en común con las ciencias de la complejidad que explican el mundo y la realidad en términos de procesos. Dicho más ampliamente, se trata del triunfo, al cabo del tiempo, de Heráclito, sobre Parménides, Melisso de Samos y Zenón de Elea.

Pues bien, cabe distinguir dos tipos de procesos, digamos, de transiciones. De un lado, se trata de las transiciones de fase de primer orden, que son graduales, que tienen lugar poco a poco, al cabo, acumulativamente. Por ejemplo, es el caso de la olla con agua que se pone a calentar o a hervir. La olla con agua pasa de 10° a 50° o de 60° a 100° . En términos de la complejidad del mundo, se trata de cambios, transformaciones o transiciones triviales, puesto que es evidente que está teniendo lugar un proceso gradual.

De otra parte, al mismo tiempo, existen las transiciones de fase de segundo orden. Estas, introducen dos conceptos importantes: puntos y estados críticos. Un punto crítico o un estado crítico es aquel a partir del cual, si se cruza el umbral no existe regreso. Se produce un cambio cualitativo en un fenómeno o sistema determinados, y la flecha del tiempo es determinante en cuanto que no hay

marcha atrás. Un ejemplo físico es cuando la olla con agua llega a los 100°, y entonces se produce una ebullición: el agua se transforma en vapor. La complejidad del mundo y de la vida consiste exactamente en la existencia de puntos o estados críticos, y las ciencias de la complejidad hacen de las transiciones de fase de segundo orden uno de sus principales motivos de trabajo en investigación.

Los puntos y los estados críticos admiten una doble distinción, más fina. Se trata de los estados de subcriticalidad, que es el momento anterior a la criticalidad, y los estados supracríticos, que es cuando ya se ha cruzado el umbral y se alcanzó el punto de no retorno, en un comportamiento, en una dinámica, en un sistema determinados.

El estudio de los fenómenos de complejidad creciente tiene como piedra de toque la identificación de los estados y los puntos críticos. Solo que, literalmente, esos estados y puntos críticos no se ven (en el sentido de la percepción natural); se les construye, se les anticipa, si cabe. Pues bien, la información desempeña un papel crucial en las dinámicas de los sistemas de complejidad creciente, y permite establecer si una dinámica cualquiera es de transiciones de primer o bien de segundo orden. Hay, como se aprecia, una enorme responsabilidad al mismo tiempo teórica y ética en el trabajo con transiciones de fase de segundo orden; y por tanto, en los procesos de información que conducen o no a ellos.

Tenemos dos mundos: estos mundos se sintetizan en la tabla n.º 1:

Tabla 1. El mundo cuántico y el mundo clásico: dos visiones de una sola y misma realidad.

Mundo cuántico	Mundo clásico
Carece de la noción de sujeto (y por tanto de objeto)	El mundo se funda en el principio aristotélico del tercero excluido. Una cosa es una cosa y no otra
Se funda en principios y comportamientos cuánticos (incertidumbre, no-localidad, superposición, complementariedad, etc.)	Es el resultado o los efectos del mundo cuántico
Consiste en el principio de superposición y no-localidad	Hay realismo y causalidad. El mundo es determinista
Es generalmente entendido como microscópico	Es usualmente visto como el mundo macroscópico
<p>Consiste en tres niveles o escalas fundamentales, así:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mecánica cuántica: explicación de partículas 2. Mecánica de ondas: explicación de ondas (aparece incluso la noción de ondículas) 3. Entrelazamiento cuántico 	

El sentido de la tabla n.º 1 consiste en poner de manifiesto que existe un denominador mínimo común, si cabe la expresión, o bien, igualmente, el eslabón que unifica a los dos mundos es la información y su procesamiento. Ulteriormente, se trata de su procesamiento cuántico, o bien el procesamiento de la información cuántica.

Digámoslo de manera sucinta y directa: el mundo es cuántico. El mundo clásico es un caso límite del mundo cuántico. Ciertamente, se trata de una tesis radical, pero que cuenta con algunos soportes o partidarios, que son abiertamente pocos. La inmensa cantidad de teóricos e investigadores, por el contrario, sostiene que entre el mundo cuántico y el mundo clásico hay un terreno (amplio) consistente en fenómenos y comportamientos que no son enteramente cuánticos pero que tampoco son completamente clásicos. La forma como ese terreno es conocido o designado es: quantum-like. La diferencia entre los dos mundos no es jamás ontológica y definitivamente no es algo que depende del sujeto. Más exactamente, se trata de diferencias de tiempos o temporalidades. Como queda ya dicho, el mundo cuántico lo es de tiempos vertiginosos y breves; por su parte, el mundo clásico es un mundo de tiempos lentos y largos.

Pues bien, debe quedar claro que el procesamiento de la información es exactamente su procesamiento rápido; es lo que pone en evidencia la comprensión computacional de la información. En esto consiste toda la historia de las tecnologías de punta, de las ciencias de la computación, en fin, de los procesadores de información.

Los tiempos fundamentales de los sistemas vivos suceden en tiempos pertenecientes al mundo cuántico; esto es, tiempos de escalas o velocidades milimétricas, micrométricas, nanométricas y demás. Son, notablemente, los tiempos de la salud, la enfermedad, el hambre, las tomas de conciencia (*flashes*), comprensión, amor, perdón y muchos otros semejantes. Solo que estos tiempos son vistos al cabo, es decir, en tiempos macroscópicos. La tragedia o el drama de la existencia consiste, en ocasiones, al cabo puede ser ya muy tarde (en algún sentido).

Digámoslo brevemente: los tiempos vertiginosos son los del cuerpo o los de la biología en el sentido fuerte de la palabra; en contraste, los tiempos de la cultura son lentos, parsimoniosos. Y sin embargo, los de la naturaleza son tiempos de máxima complejidad imaginable, tiempos de escalas y calibres magníficos.

Para concluir este capítulo vale la pena aterrizar, si se permite la expresión, los temas considerados con un caso muy importante. Se trata de las plantas. Como queda dicho, conforman alrededor del 97% de la biomasa del planeta. En consecuencia, entender qué son y qué hacen es determinante para comprender la complejidad de la vida. La teoría de la información aporta luces novedosas.

Las plantas son organismos sésiles; esto es, no se mueven. O en realidad sí se mueven, pero sus movimientos son extremadamente lentos comparados con los animales o los seres humanos. Es sabido, por ejemplo, que las selvas avanzan y retroceden, o que la maleza se toma un lugar o lo abandona y así sucesivamente. Dado su carácter sésil, en realidad las plantas utilizan a los seres humanos para desplazarse; es lo que sucede cuando los seres humanos comen frutas o verduras de un lugar, viajan a otros, y vierten allí los desechos o las semillas de los alimentos ingeridos.

La importancia del estudio de las plantas resulta determinante al mismo tiempo para entender la Tercera Revolución Científica, y para comprender los procesamientos de información –en un nivel de los sistemas vivos en el planeta.

Pues bien, las plantas son inmensamente inteligentes; a título de provocación, lo son bastante más que los animales y los seres humanos. Pues bien, un rasgo de la inteligencia consiste en la capacidad para resolver problemas. Al respecto, es significativo el reconocimiento de que los animales, al igual que los seres humanos, ante los

problemas tienen siempre una misma estrategia, a saber: huir. La razón es que los seres humanos y los animales son móviles, y ante retos, desafíos, dificultades, problemas, el movimiento normal es escapar(se).

En el caso de los seres humanos, evadir los problemas, que es la respuesta normal, permite una gama amplia, reforzada por mecanismos culturales. Existen varias formas de escape, así por ejemplo, la racionalización, la sublimación, la transferencia, el desplazamiento, la simbolización y varios más. Sin exageraciones, toda la historia de la psicología consiste en el estudio de los mecanismos mediante los cuales los seres humanos no resuelven los problemas: los evaden.

Las plantas carecen de cerebro pero piensan, carecen de pies, pero se mueven, carecen de ojos, pero ven, carecen de estómago pero ingieren y procesan alimentos, carecen de oídos, pero escuchan. De acuerdo con un destacado investigador, las plantas tienen más de veinte sentidos (Mancusó, Viola, 2015).

Pues bien, es evidente que dadas dos características, una conclusión fuerte se sigue, así: las plantas tienen más de veinte sentidos debido a que son sésiles; por tanto deben estar más atentas o vigilantes al medioambiente; y al mismo tiempo, de otra parte, debido justamente a que son sésiles, y con mayores sentidos, tienen entonces un mayor o mejor –o bien, absolutamente: un muy diferente– procesamiento de información, comparativamente con los animales y los seres humanos. Precisamente por esto, las plantas sí resuelven los problemas. Esta es una enseñanza determinante para entender la complejidad de los sistemas vivos.

En efecto, las plantas enseñan que los problemas solo se resuelven si se encaran a largo plazo; en otras palabras, un problema que se resuelve a corto plazo no encuentra una

solución efectiva, o bien, no es verdaderamente un problema (es un pseudo-problema). La forma como las plantas los resuelven es modificando su metabolismo. Esta es la segunda gran enseñanza de las plantas: si un problema no compromete al metabolismo –y los procesos de metabolización–, ciertamente no se resuelve. Dicho lo anterior, el estudio de las plantas ya no se denomina como botánica –un campo menor en la ciencia en general, y en la biología en particular–, sino, neurobiología de las plantas. La botánica, que casi siempre ha servido de base a los premios Nobel de fisiología y medicina pero que jamás ha sido reconocida como tal, adquiere así un estatuto epistemológico y científico más sólido.

En efecto, en el año 2005 se crea el primer seminario en el que nace la neurobiología de las plantas y en el año 2006 se publica el resultado del mismo, un libro con el título: *Communication in Plants. Neuronal Aspects of Plant Life* (Baluska et al., 2006).

Algunas de las formas como las plantas resuelven los problemas metabolizándolos, es por ejemplo, adormeciéndose durante un largo tiempo, incluso años; acaso esperando a que haya mejores condiciones. O bien, logran que las semillas esperen el tiempo que sea necesario para que puedan germinar; se sabe que pueden esperar varios lustros.

Naturalmente, se podrían incluir otros rasgos, además de la resolución de problemas, como rasgos de la inteligencia biológica; por ejemplo, la adaptación, la conformación de redes, el modelamiento y la anticipación de futuros, y muchos más. Y entonces, claro, señalar algunos comportamientos que se corresponden con esos otros rasgos de la inteligencia biológica. Por motivos de espacio omito una ampliación al respecto, pero lo esencial sí debe quedar sobre la mesa a plena luz del día: el procesamiento

de información de las plantas es una clara señal de su inteligencia, y ellas son los únicos seres vivos que efectivamente logran resolver problemas en el mundo. Podríamos mencionar que son las responsables del balance de oxígeno, y gas escaso y altamente explosivo, en la atmósfera. Mucho mejor y más radicalmente, las plantas conforman el sistema inmunológico del planeta. Una propiedad nada superficial para la existencia y la complejidad de la vida.

Ahora bien, la comunicación en las plantas, de un lado, y de ellas con los insectos alrededor, de otra parte, se lleva a cabo a través de quimiotaxis, esto es, comunicación a partir de moléculas químicas (técnicamente llamadas como componentes orgánicos volátiles; VOC, en inglés). Este sistema de comunicación es esencialmente hormonal. Pues bien, son cinco las formas de comunicación de las plantas, estas son:

- i. A través de feromonas. Estas permiten que otras plantas entiendan los mensajes enviados y adopten un comportamiento determinado;
- ii. Por medios de las kairomonas, sustancias con que las plantas impregnan a los insectos herbívoros de suerte que viene otros insectos a protegerlas;
- iii. Las alelomonas les permiten a las plantas comunicarse con especies diferentes, con distintas finalidades (ayuda mutua, protección, información sobre el medioambiente, etc.);
- iv. Los atrayentes (*attractants*), que son sustancias que suministran información relativa a un estímulo positivo y que puede hacer referencia a la polinización, los ataques de insectos, la existencia de determinados hongos, etc.;

- v. Finalmente, los rechazantes (*reluctants*), sustancias químicas que cumplen lo contrario a los atrayentes, pues consisten en estímulos negativos con respecto a otras especies, generalmente con la finalidad de autoprotegerse, por parte de las plantas.

Por vía de contraste, digamos que en los seres humanos la comunicación opera –o ha sido explicada hasta la fecha– en términos bastante más elementales. Así, existe un emisor y un receptor; es posible que en la emisión del mensaje se produzca ruido; entonces se habla de ruido blanco, negro o rosado, según si la fuente del ruido está en el emisor, en el receptor o en el canal. Y la comunicación humana se lleva a cabo a través de signos y de símbolos. Estos pueden tener significado o no, y además el significado puede ser unívoco o polisémico. Punto.

Como se aprecia sin dificultad, comprender los procesos de comunicación, las formas de la información y sus procesamientos entre los sistemas vivos es determinante, como una manera de entender qué son y cómo se hacen posibles. Sin la menor dilación, la comunicación es la principal forma como un sistema vivo se hace posible en un medio esencial físico, inhóspito, inane, y en el que además existen depredadores y demás.

Leer el entorno, interpretarlo adecuadamente y generar la información consiguiente es acaso, informacional o computacionalmente visto, el principal rasgo de los sistemas vivos. Sin más, los sistemas vivos convierten fenómenos abióticos en bióticos, y así se hacen posibles. Sin la menor duda, lo más grandioso que hace un sistema vivo es crear las condiciones de un ser vivo y mantener las condiciones de sostenibilidad. Queda dicho: los sistemas vivos

niegan o reducen la entropía y la mantienen baja, y en toda la cadena trófica, las plantas desempeñan el papel protagónico: mantener la entropía baja para que se mantenga la vida.

Los procesamientos de información son los actos, no precisamente conscientes y reflexivos, que llevan a cabo los sistemas vivos en las relaciones entre sí y con el mundo alrededor. Es exactamente en este sentido que el procesamiento de información puede ser adecuadamente entendido como metabolización, y los procesos de metabolización se encuentran al mismo tiempo en el origen de la vida y en la base de lo que son y hacen los sistemas vivos. La teoría de la información ha venido para arrojar nuevas luces sobre el universo, la naturaleza y la sociedad.

De manera puntual, la información es la cantidad de sorpresa que tiene un evento. Así las cosas, los fenómenos, sistemas y comportamientos complejos son eventos raros (Maldonado, 2016), cargados de una enorme carga informacional, esto es, de sorpresas. Como lo ha señalado con acierto un autor, el mundo, la naturaleza y el universo consiste en realidad en conjuntos o entramados de eventos raros, y estos se denominan “cisnes negros” (Taleb, 2011). La buena ciencia e investigación no trabaja con cisnes blancos, que es lo único que hay, sino, por el contrario, originaria y radicalmente, con cisnes negros. Pero entonces esa ciencia es revolucionaria, en el más fuerte y preciso de los sentidos.

Lo que hacen los buenos científicos es, efectivamente, buscar y trabajar con cisnes negros, es decir, con eventos raros, pero bajo un supuesto. Ello sucede cuando se trata de ciencia de punta, es decir, aquella que busca mover las fronteras del conocimiento. Pues es bien sabido que las fronteras del conocimiento son las mismas fronteras de la

vida. La ciencia es uno de los más idóneos instrumentos para afirmar, hacer posible y exaltar la vida en general.

Los eventos que han marcado la historia del universo, la historia de la humanidad y las dinámicas más importantes en la naturaleza son, en verdad, eventos raros, esto es, sucesos no reproducibles, que tuvieron lugar una sola vez. De esta suerte, uno de los más importantes criterios de validación de la ciencia proveniente de la Primera Revolución Científica estalla en mil pedazos. Las cosas más importantes en la vida en general han sucedido una sola vez; y por eso mismo son complejos, en el sentido preciso de la palabra.

Esta idea admite una consideración adicional, por lo demás. La ciencia en general —como la vida—, no se hace con resultados positivos, sino negativos; se trata de la importancia de todas aquellas cosas que no se logran alcanzar o que se alcanzan solo de manera provisoria y parcial. La inmensa mayoría de eventos, sucesos, fenómenos, comportamientos, experimentos y demás, son negativos: no conducen a ninguna parte. Los eventos raros arrojan luces frescas al respecto.

4

Información y conocimiento

pensar como la naturaleza⁴

⁴ Este capítulo es una versión sustancialmente ampliada y modificada de un texto anterior: Maldonado, C. E., (2016) *Pensar como la naturaleza. Una idea radical*, en: Unipluriversidad, vol. 16, n.º 2, pp. 41-51; ISSN: 1657-4249; disponible en: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/article/view/328311>

De acuerdo con la ciencia clásica, todos los sistemas físicos no son más que colecciones de partículas inertes que cumplen con las leyes deterministas. Los sistemas complejos, como los organismos vivos, las sociedades y las personas, podrían, según esta visión del mundo reduccionista, explicarse en términos de componentes materiales y sus interacciones químicas. Como lo señala un autor importante (Prigogine, 2002), la modernidad es la continuación del medioevo por otros medios; y el papel que cumplía Dios en la explicación del mundo y la naturaleza lo llevan ahora a cabo las leyes; las leyes y las constantes, digamos: las leyes son inmutables y todo se explica a partir de ellas. Newton introduce las tres leyes fundamentales de la mecánica clásica; la historia subsiguiente incluirá algunas otras leyes, y una serie de constantes. Es este exactamente el rasgo lógico y epistemológico definitorio de la ciencia clásica o de la ciencia normal. En otras palabras, se trata de la asunción según la cual la naturaleza obedece leyes; incluso numerosos autores modernos y varias ciencias sociales van a sostener algo semejante. Lo dicho: ciencia clásica, ciencia normal, ciencia que desencanta al mundo.

Pues bien, a partir de la aparición de la termodinámica, en el curso del siglo XIX, se comenzó a dudar del alcance del determinismo. El siglo XIX lleva a cabo, por dos caminos perfectamente distintos, un magnífico descubrimiento: el tiempo, descubierto originariamente por dos ciencias: de un lado, por la biología, gracias a los trabajos de Darwin. Hasta el punto de que el nacimiento de la biología es, concomitantemente, el descubrimiento de la historia (Gould, 1999). Esta es una flecha de complejidad creciente. De otra parte, al mismo tiempo, la termodinámica en general, y más exactamente L. Boltzmann descubre el tiempo con una flecha diametralmente opuesta a la de la biología:

la flecha del tiempo de la entropía. Mientras que en el primer caso, el tiempo es un factor generador y creativo, en el segundo caso, el tiempo mata, elimina, iguala todas las cosas, conduce a la muerte (térmica).

Sin embargo, propiamente hablando, será el desarrollo subsiguiente de la termodinámica en el curso del siglo xx, inicialmente con L. Onsager y luego, definitivamente con I. Prigogine, cuando el tiempo es plenamente descubierto y tematizado como tal. Se trata del desarrollo de la termodinámica del no-equilibrio. Prigogine pone de manifiesto que el mundo está esencialmente constituido por estructuras disipativas y se organiza en términos de equilibrios dinámicos. Un equilibrio dinámico es aquel que se compone, luego se rompe y posteriormente vuelve a re-constituirse de otra manera. Paralelamente a la luz de estos desarrollos, dos paleontólogos importantes (Eldredge y Gould, 1972; Gould, 2004) explican la evolución en términos de equilibrios puntuados. Esto es, la evolución sucede no tanto a través de la acumulación de numerosos momentos imperceptibles –*stasis*–, cuanto que mediante quiebres, rupturas o inflexiones radicales de esos momentos de *stasis*. Así, pensar en términos evolutivos corresponde en realidad a pensar en inflexiones magníficas. Contrariamente a la idea popular según la cual “evolución” significa “progreso”, “avance”, “desarrollo”. Bien entendida, “evolución” significa “inflexiones”, “rupturas”, “quiebres”, “discontinuidad”.

Por su parte, la teoría de la información, desarrollada en el curso del siglo xx tiene enormes consecuencias en numerosos planos: desde la física hasta la biología, desde su incidencia en las nuevas tecnologías emergentes en su momento hasta las tecnologías actuales y en constante desarrollo, en fin, desde la propia cosmología hasta las ciencias sociales y humanas. Si la física cuántica había puesto a plena

luz del día el concepto de incertidumbre y de no-localidad, la información hace evidente que, mientras que para llevar a cabo cualquier trabajo se requiere de energía, a fin de comprender lo que se hace se necesita de información. Así, el problema de la comprensión y explicación de los fenómenos del mundo se convierte en el problema mismo acerca de cuánta información es necesaria para lograrlo. La menor información que logre explicar el máximo de fenómenos será siempre preferible. Pues bien, la medición de la menor información posible para medir el máximo de fenómenos o sistemas se denomina, por parte de A. Kolmogorov, como *complejidad*. (Alexandrov *et al.*, 1999, en especial volumen dos, parte tres, capítulo IX; Chaitin, 1998) De esta suerte, la complejidad de un sistema consiste en la menor información que abarque el máximo de comportamientos posibles. A la postre, esta idea da lugar a la que quizás es la columna vertebral de las ciencias de la complejidad, a saber: la teoría de la complejidad computacional.

De esta suerte, lo que sean las cosas (ontología) (el ser de las cosas, en el lenguaje clásico de la filosofía desde Aristóteles) se comprende a partir de lo que sabemos o podemos decir acerca de la cosa (epistemología). Esta idea se expresa en términos elementales así: *it (comes) from bit*. Es la información sobre la cosa lo que es determinante de la cosa misma. Ahora bien, dado que la mejor comprensión de la realidad es posible gracias a la física cuántica, y en consecuencia, gracias a la información cuántica, es entonces evidente que: *bit (comes) from qubit*. Es decir, la información sobre las cosas del mundo se funda en la información cuántica o, lo que es lo mismo, en el procesamiento cuántico de la información. Así, el silogismo completo resultante es este: *it (comes) from bit (comes) from qubit*.

Más exacta y radicalmente, la confluencia entre teoría cuántica (Segunda Revolución Científica) e información (Tercera Revolución Científica) evidencia que no existe ya ninguna diferencia, y mucho menos, ninguna oposición, entre ontología y epistemología. Ambas son una sola y misma cosa. Sin la menor duda, la más radical de las conclusiones en toda la historia de la ciencia y la filosofía desde Platón y Aristóteles. (Esta idea puede ser expresada en términos más técnicos en el contexto de la física cuántica, afirmando que la función de onda es conocimiento, pero dejo aquí de lado esta idea por sus derivaciones técnicas).

Cabe puntualizar en un tema fundamental para toda la historia contemporánea en general, y para los desarrollos de la ciencia actual, en particular.

En 1942, E. Schrödinger escribe un libro en el que, en realidad, formula todo un programa de investigación. El libro es: *¿Qué es la vida?* (para una reconsideración más actual, cfr. Murphy y O'Neill - 1999). La respuesta que aporta hacia el final de su libro el propio Schrödinger a la pregunta formulada apunta en buena dirección, pero con un término desafortunado sobre el cual Schrödinger mismo se pronunció en varias ocasiones corrigiéndose a sí mismo. Los sistemas vivos, así, consisten en negar la entropía, para lo cual el físico austríaco acuña el término de “neguentropía”.

Sin embargo, un estudio más a profundidad pone de manifiesto dos cosas: de un lado, que no es cierto, en absoluto, que los sistemas vivos nieguen la entropía, por lo demás porque los sistemas vivos son, de partida, sistemas físicos. Antes bien, aprovechan la energía libre para transformarla, reduciendo así la entropía y al mismo tiempo manteniéndola baja. Esta es la razón, por ejemplo, por la

que los seres humanos ingieren su comida generalmente cocinada y no cruda; o también, la razón por la cual los animales comen generalmente hasta el punto en que se sacian o en el que ceden su comida a sus crías o a la manada a la que pertenecen; muchos otros ejemplos se pueden presentar para ilustrar la idea de base.

De otra parte, al mismo tiempo, existe un concepto inmenso más afortunado, pero ampliamente desconocido, incluso entre la comunidad académica y de expertos en la complejidad. Se trata del concepto de *sintropía*, acuñado originariamente por L. Fantappiè en 1941, y publicado en 1942 en el libro: *Principios de una teoría unificada del mundo físico y biológico (Principii di una teoría unitaria del mondo fisico e biologico)*⁵. La sintropía consiste en el proceso mediante el cual la energía puede ser controlada y aprovechada, haciendo posibles formas organizativas complejas, como la vida. En otras palabras, mientras que el concepto de neguentropía apunta a procesos de negación, la sintropía implica procesos de retrocausalidad positivos.

En verdad, los sistemas físicos no existen en oposición al mundo físico, sino como aprovechamiento y trans-

⁵ Una observación de tipo histórico se impone aquí. Fantappiè elabora el concepto de sintropía en 1941, en la Italia que se encuentra en medio de la Segunda Guerra Mundial. Por su parte, buscando refugio del mundo, Schrödinger arriba al Instituto de Altos Estudios en Belfast en donde publica en 1942 su libro más popular. Schrödinger ya había ganado el premio Nobel de física, y sus elaboraciones son conocidas y destacadas particularmente gracias a investigadores estadounidenses en California (Watson, 2017). Es decir, lo que juega en contra de Fantappiè es la historia externa de la ciencia, y en contraste, lo que juega a favor de Schrödinger es una cierta confluencia entre la historia interna de la ciencia y la historia externa. El concepto de sintropía será redescubierto apenas en los años 1980, aunque en un contexto y con intereses particulares.

formación del mismo. Precisamente por ello los procesos de metabolización son determinantes en los sistemas vivos, lo cual implica un dúplice reconocimiento: de una parte, la capacidad de leer e interpretar el entorno, y al mismo tiempo y de forma paralela, la capacidad del organismo para leer su propio medio interno, incesantemente.

Literalmente, una mala lectura y/o una mala interpretación del entorno puede poner en peligro a un organismo o una especie; así, por ejemplo, comida envenenada o perjudicial, el comportamiento de otro miembro de la misma especie o de un miembro de una especie diferente, en fin, la lectura e interpretación de los fenómenos naturales, como sequía, calentamiento, aridez, pluviosidad y otros fenómenos meteorológicos. La capacidad de buena lectura, manifiestamente no maquinal del mundo y la naturaleza se denomina *hipercomputación biológica*, la cual apunta en una dúplice dirección: de un lado a comprender computacionalmente (= informacionalmente) lo que hacen los sistemas vivos, y a la vez, modelar o simular los procesamientos de información de los sistemas vivos, desde las bacterias y los virus, a los insectos, las plantas, los animales y los sistemas vivos.

Por derivación, la idea resultante es hermosa: no hay vida en el planeta –en el sentido de contenedor y contenido–, sino, mucho mejor, el planeta mismo está vivo. Pues lo que hace continuamente es procesar (= metabolizar) elementos abióticos en procesos bióticos. La expresión de un planeta vivo –que en consecuencia ya no se llama “planeta”, pues este es un concepto físico fisicalista–, es conocido como Gaia. Los pueblos mesoamericanos ya tenían un nombre propio para la Madre Tierra, como entidad orgánica y no meramente física: Pachamama, Tonanzin y otros.

La idea de base es que Gaia procesa información; esto es, literalmente, piensa, conoce, sabe, recuerda, actúa. Ulteriormente, el universo mismo es un enorme sistema de procesamiento de información.

Digámoslo de manera radical: lo que emerge así es una visión del mundo, la naturaleza, la realidad o el universo inmanentista, y no ya trascendente. La manera más básica de decirlo es que la naturaleza no es un objeto –notablemente, una fuente de recursos naturales (*horribile dictum*), sino una experiencia. La experiencia de la naturaleza no es otra cosa que el encuentro con ella, y entonces vida y conocimiento son una sola y misma cosa.

En otras palabras, cabe decir legítimamente que no hay vida en el universo, sino que el universo y el planeta están vivos (Cfr. Referencias del autor), es decir, conforman un complejo sistema vivo de (creación y procesamiento continuo de) información.

Las tres religiones monoteístas constitutivas de Occidente de un lado, y de otro, los pilares de todo el pensamiento occidental, Platón y Aristóteles, contienen una filosofía determinada: la trascendencia o el trascendentismo. Esto es, la creencia de que los seres humanos deben trascender para poder realizarse a sí mismos, y que esta trascendencia no es otra cosa que un movimiento que los lanza más allá de sí mismos, en otra instancia, en la cual se realizan. La inmensa mayoría de la historia de Occidente, en prácticamente cualquier plano, es el triunfo de una visión de trascendencia.

Así, desde este punto de vista, los seres humanos tienen, literalmente, que salir (de sí) para poder encontrar aquello que los hace plenos o los realiza. Ni en ellos mismos ni tampoco en su entorno encuentran nada significativo. La trascendencia es, manifiestamente, una forma de

vida y de pensamiento que coincide con el extrañamiento; esto es, en palabras más técnicas, con la enajenación⁶.

Antropológicamente, las tres religiones monoteístas constitutivas de Occidente nacen en medio del desierto, donde la vida es inhóspita. Literalmente, los seres humanos ven a la naturaleza como una instancia contra la cual deben combatir, para ellos hacerse posible (a costa de ella). En contraste, en la mayoría de lugares alrededor del mundo, los pueblos vivieron en entornos amables, ricos en aguas, alimentos, animales, plantas. En la India o en China, en Mesoamérica, incluso, muy guardadas proporciones, los pueblos nórdicos, en Europa. Pues bien, estos pueblos (Incas, Aztecas, Toltecas, etc.) ven a la naturaleza como Madre y como objeto (de recursos naturales: extraer el agua, por ejemplo; lo cual implica de entrada una mentalidad extractivista). Como consecuencia, en entornos ricos, generosos y amables, la naturaleza genera un encuentro, una experiencia y no un alejamiento o extrañamiento. El resultado es la inmanencia (Maldonado, 2016). Contra las ideas predominantes y tradicionales provenientes del cristianismo, el islamismo y el judaísmo, existen experiencias antropológicas, históricas y culturales –con enormes implicaciones en filosofía y, por qué no en ciencia, hacia el

⁶ Existen en alemán dos palabras para designar esta condición: *Entfremdung* y *Entäusserung*. La primera tiene como núcleo a “fremd”, lo ajeno, mientras que la segunda tiene como raíz lo extraño, lo exterior (*ausser*). En la historia de la filosofía, la distinción entre estos conceptos marca una de las diferencias entre las posturas de Hegel y la de Marx. Dejo aquí este aspecto de la historia de la filosofía para señalar que la trascendencia es al mismo tiempo una forma de alejamiento, extrañamiento, de distanciamiento contra sí mismo tanto como contra lo propio o lo familiar. Contra la trascendencia, es preciso volver la mirada a la inmanencia.

futuro—, de que es posible vivir con la naturaleza, y no a pesar suyo, y pensar como ella.

De esta suerte, los ritmos de la vida son los mismos ritmos de la naturaleza, y la inteligencia humana se hace una sola con la sabiduría de la naturaleza. Es lo común a geografías y experiencias tan distintas, como los Lamas, los Senseis, los Swamis, los Sabedores, los Antiguos, los Taitas, en fin, los Chamanes y tantas otras expresiones próximas y semejantes. El encuentro con la naturaleza, una relación diferente de lo que habitualmente se conoce en eso que se denomina Occidente. Los ritmos, por así decirlo, los tiempos y los lenguajes mismos son perfectamente diferentes. Culturalmente, en la acepción más amplia pero fuerte de la palabra, es radicalmente diferente.

Quisiera en lo que sigue señalar que existe, en la historia reciente de la ciencia, y exactamente en los marcos de la Tercera Revolución Científica, algunos referentes que permiten poner de manifiesto, a plena luz del día, que es posible pensar como la naturaleza y que no es necesario ni inevitable seguir pensando como los seres humanos. Para ello, una doble estrategia paralela se impone. De una parte, como una especie de *pars destruens*, caracterizaré brevemente en qué consiste pensar “como los seres humanos”. De entrada, debe ser claro que en la historia reciente de la humanidad, esta expresión conduce directa e inmediatamente a identificar el “pensamiento humano” con el “pensamiento de Occidente”. Posteriormente, como *pars construens*, aportaré once indicios de lo que significa pensar como la naturaleza y de que, por consiguiente, es efectivamente posible hacerlo. Pensar y vivir son, por lo tanto, aquí, una sola y misma cosa.

4.1. Pensar humanamente

Digamos que, evolutivamente, el cerebro no fue hecho para pensar sino tan solo para conocer. Lo más grande que pueden hacer los seres vivos para vivir es conocer; esto es, explorar el entorno y arriesgarse a vivirlo. En ese proceso, literalmente, les puede costar la vida. Biológica, o mejor, evolutivamente, vivir y conocer son una sola y misma cosa, una idea que puede rastrearse por varios autores diferentes (Maturana, Varela, Solé, Goodwin, Kauffman, Batson y varios más). Pensar es un plus del cerebro⁷.

De manera general, los seres humanos han pensado –por culpa de la cultura y la tradición⁸– en términos de jerarquías, lineal y secuencialmente. Una cosa primera, otra después. Una cosa a la vez y solo una, y luego se verá con las demás. Justamente en este sentido se incorporó desde siempre, con una palabra u otra, la idea de tácticas y estrategias, esto es, de formas de maximización. La economía fue siempre considerada, en el espíritu o en la letra, como el manejo del hogar en condiciones de escasez y buen manejo de los recursos. En el medioevo se consideraba incluso que en el Cielo existen jerarquías, una idea que ancla en el feudalismo de la Edad Media, pero que hace que los

⁷ Una derivación de esta idea se encuentra en: L. Wolpert, *Six Impossible Things Before Breakfast. The evolutionary Origins of Belief*, New York and London, W. W. Norton & Co., 2006.

⁸ Una observación puntual importante se impone aquí. Semántica y antropológicamente, el concepto de cultura es eminentemente conservador. La función de la cultura consiste en conservar –prácticas, formas de vida, saberes–, dado justamente el carácter cambiante e incierto del medioambiente en términos al mismo tiempo naturales y humanos. De suerte que la cultura no cambia, no transforma, no mejora las cosas: las conserva.

seres humanos vean el mundo entero en términos de jerarquías, verticalmente.

Con acierto, Foucault señala en algún pasaje que el pensamiento humano (= occidental) es de la exterioridad. Las ciudades siempre se construyeron a la orilla del mar, de los ríos, en las cimas de las montañas o en las mesetas, debido a que así podían controlar el territorio, la geografía y anticipar al extranjero. Pues todo lo extraño y extranjero podía implicar guerra, exterminio o enfermedad. Ser occidentales consiste en temerle a lo extraño y lo desconocido, y ello termina por generar un pensamiento –y un estilo de vida– binario, dualista, maniqueo.

En el orden del conocimiento, el mismo debía ser preservado de la sociedad, porque por “sociedad” podía implicarse, por derivación, justamente al extraño, al extranjero, ulteriormente al enemigo. Así, el conocimiento siempre fue preservado para los iniciados, fundándose la idea de conocimientos exotéricos y esotéricos⁹.

Subsiguientemente, los seres humanos pensaron –vivieron– siempre algorítmicamente; esto es, creyendo (como Aristóteles) que las categorías son necesarias y que siempre pensamos con categorías y a partir de las mismas; se asumió por tanto que la vida era imposible al margen de leyes, normas, preceptos, mandamientos y demás. Kant llega a escribir un (mal) verso al respecto: “El cielo estrellado sobre mí, y la ley moral dentro de mí”. De la misma manera que el mundo, el universo y la realidad estaban sujetos a leyes de cualquier tipo, de la misma manera la vida de los

⁹ Me he ocupado parcialmente de este tema en: Maldonado, C: E., (2005) *CTS + P. Ciencia y tecnología como política pública y política social*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia/Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, ISBN 958- 161-926-X, pp. 1-225.

hombres en sociedad debía estar sujeta a leyes y normas. Los romanos, ese imperio y civilización que no hizo absolutamente ninguna contribución a la historia del proceso civilizatorio —excepto por los acueductos—, fueron los inventores en la historia de Occidente del Derecho Romano; esto es, la distinción entre el derecho público y el derecho privado. Ellos, que hasta se robaron a los dioses de los griegos y tan solo supieron cambiarles los nombres.

Dicho sin más, los comportamientos y las acciones humanas debían ajustarse a las leyes y nada era posible en el mundo humano sin las leyes; independientemente de su origen, carácter o justificación (teológico, secular, físico, matemático, moral u otros). En una expresión radical de esta idea, cabe decir que el cerebro humano es un sistema cuántico, pero que se comporta clásicamente por culpa de la cultura. La cultura masifica, estandariza, normaliza¹⁰.

Cabe decirlo de manera puntual: los sistemas vivos no piensan (¡y no viven!) algorítmicamente. En esto exactamente la hipercomputación biológica (Cfr. Referencias del autor, para una profundización de esta idea). En su sentido más radical y originario, vivir significa liberarse de algoritmos, en función exactamente de espacios de posibilidades o, si se quiere, de adyacentes posibles (Kauffman, 1995).

Es posible, sin embargo, caracterizar en otros términos las formas como los seres humanos han pensado (y vivido) hasta la fecha. Algunas de estas formas son, por ejemplo: colocándonos en el lugar de los otros, por medio

¹⁰ Una excelente radiografía de lo que significa pensar humanamente (sic), es *El hombre mediocre*, de J. Ingenieros, un trabajo sobre psicología del carácter, escrito originariamente en 1913, pero desarrollado posteriormente en la forma de libro. Cfr. J. Ingenieros, *El hombre mediocre*, Buenos Aires, Ed. Losada, 1973.

de la empatía (*Einfühlung*), constituyendo o descubriendo la intersubjetividad; a través de relaciones bien precisas, como es el trabajo y, por extensión, las relaciones con la naturaleza; o bien, igualmente, pensando en términos de compasión, más allá de las distinciones de raza, credo, etnia u otras; asimismo, viendo el rostro del otro, leyéndolo, interpretándolo, viviéndolo; de esta forma accedemos al otro en términos de experiencias antepredicativas; igualmente, definiendo al mundo a partir de sí mismos, y entonces el mundo se divide en “nosotros” y los bárbaros, cristianos y gentiles, en propios y extranjeros; adicionalmente, puede hacerse referencia a la distinción entre pecadores y no pecadores, circuncisos y no-circuncisos, en fin, occidentales y no-occidentales. En un momento dado, la antropología nació y se definió absolutamente como la ciencia de lo otro, de lo diferente de sí, de lo ajeno, de lo extraño o lo desconocido. Toda una variación de esta idea puede ser perfectamente traducida, por ejemplo, a las distinciones y modos de conocimiento que identifica cristianos y protestantes, Montescos y Capuletos, civilizados y primitivos o salvajes.

Los seres humanos han pensado a sus dioses en términos de temor, o de amor y misericordia, y siempre a sí mismos por debajo, como inferiores o, literalmente, sujetos a las divinidades. De manera atávica, los seres humanos se han comprendido a sí mismos en la historia de la civilización occidental como distintos, externos y ajenos a la naturaleza.

Abierta o tácitamente, los seres humanos han creído siempre que son el pináculo de la evolución o de la creación (aquí, para efectos prácticos, da lo mismo), y que no solamente son los mejores, los únicos racionales, los únicos con ética y cultura, sino, justamente por ello, introdujeron un programa de investigación filosófico y científico consistente en: “qué es lo específica o lo distintivamente

humano”. Desde la ciencia en general hasta varias pseudo-disciplinas fueron inventadas o adaptadas para dar respuesta(s) a este interrogante. No en última instancia, lo anterior se corresponde con la creencia según la cual los seres humanos son los más inteligentes, y entonces, cognitivamente, lo mejor de la naturaleza. Una creencia sin ningún fundamento empírico o con una lógica eminentemente tautológica (auto-referencial).

Sin ambages, toda la historia de la filosofía, de la literatura, de la ciencia, en fin, de la cultura en el sentido más amplio e incluyente de la palabra puede ser resumida en los rasgos que preceden o puede ser traducida a los elementos planteados. Creo que la idea queda clara. No en última instancia ha persistido la creencia de que solo hay vida en el planeta y tal y como la conocemos (una idea que en las mentes mejor formadas es cada vez más insostenible, a pesar de que aún no existe el descubrimiento efectivo de otras formas de vida o de inteligencia por fuera del planeta Tierra).

4.2. Pensar como la naturaleza

Quisiera aportar once indicios, desde ciencias y disciplinas para argumentar dos cosas: que es efectivamente posible pensar como la naturaleza, y cómo es que esto es posible. Anticipemos la conclusión más radical: no es necesario ni inevitable que sigamos pensando como seres humanos. Ya tendré la oportunidad de aclarar esta idea. Estos once indicios a continuación no pretenden ser un capítulo en la historia de la ciencia, de la filosofía o del conocimiento a pesar de que sí son eminentemente contemporáneos; esto es, muy actuales. Sería interesante ampliar estas once refe-

rencias a otros momentos en el tiempo, pero este no es mi interés ahora.

A continuación, presento los once indicios, así: inicialmente se indica la referencia literal (bibliográfica), seguidamente se explica en qué consiste la idea central mencionada; posteriormente se hace alguna reflexión sobre la misma en el marco de los intereses de este libro.

Quine, W. V. O., (1969). “Epistemology naturalized”, en: *The Journal of Philosophy*, Vol. 102, n.º 2 (Feb. 2005), pp. 78-93. Quine, uno de los lógicos más importantes del siglo XX, escribe en un momento muy particular que es posible una epistemología naturalizada. El momento es alrededor de la atmósfera de 1968, con todos los giros, desarrollos, irrupciones y novedades en muchos ámbitos –ciencia, filosofía, cultura, política– que representa el periodo alrededor de 1968.

La epistemología ha nacido hace poco, pero permanece en el marco de la psicología, la filosofía, la historia. Quine sugiere, en contraste, la idea de una epistemología naturalizada que abandone los métodos tradicionales de la epistemología (psicologismo, trascendentalismo y otros), dándole, en contraste, una prioridad a los métodos de las ciencias naturales. Con el tiempo esta habrá de ser bien acogida como uno de los hilos conductores de las ciencias cognitivas. Sencillamente, debemos poder pensar a la manera de métodos empíricos, vinculados con la naturaleza. Esto es, la naturaleza misma, y no ideas de tipo filosófico, psicológica u otras semejantes, deben ser los basamentos para elucidar que es el conocimiento, cómo se conoce y demás. (Cfr. French, *et al.*, 1994. Se trata de un volumen enteramente dedicado a lo que los editores denominan el “naturalismo filosófico”. Allí pueden encontrarse varios

capítulos dedicados a discutir y profundizar la idea de base presentada por Quine).

Nagel, Th., (1991). *What is it like to be a bat?*, publicado en: *Mortal Questions*. Cambridge: Cambridge University Press. Th. Nagel es uno de los filósofos de la mente más importantes.

En un ensayo clásico desde la filosofía de la mente, Th. Nagel escribe un ensayo clásico “¿Qué es ser un murciélago? (What is it like to be a bat?) (1974), publicado posteriormente en *Mortal Questions* (1991). En el marco cultural de finales de los años 80 y comienzos de los años 90, Nagel, no sin humor, piensa en un murciélago (¿Batman? Sin mencionarlo, verosímilmente, sí).

El ensayo es un experimento mental, en el que Nagel discute lo que sea la conciencia. En lugar de recurrir a una petición de principio, esto es comprender a la conciencia a partir de la imagen que los seres humanos tienen de la misma (por ejemplo la neurociencia, o la biología, o la propia filosofía), más radicalmente, Nagel apela a un argumento contundente en contra del reduccionismo de cualquier tipo. Se trata del reduccionismo que afirma que solo los seres humanos pensamos, porque tenemos cerebro, para entonces, a partir de allí, busca dar respuesta a la pregunta por la conciencia. De ahí el título y el abordaje sugerente que lleva a cabo.

Maturana, H. y Varela, F., (2013). *El árbol del conocimiento. Las bases biológicas del entendimiento*. Madrid: Ed. Lumen. Publicado originalmente en 1984, exactamente en medio de la dictadura de A. Pinochet, en Chile, los dos biólogos chilenos se dan a la tarea de profundizar el texto más importante que ambos habían escrito conjuntamente antes: *Autopoiesis* (traducido y publicado posteriormente

con el título: *De máquinas y seres vivos*). El foco, como se aprecia, ya se indica desde el subtítulo: las raíces del conocimiento no se encuentran en aquellas instancias que típicamente habían afirmado los filósofos, psicólogos y teólogos, a saber: en el numen, el entendimiento, la conciencia, la razón, el alma, la voluntad, el inconsciente o como se lo quiera llamar. Antes bien, las raíces del conocimiento se encuentran en la biología, lo que equivale a decir que la quintaesencia de la filosofía, la quintaesencia de la psicología, es, si cabe, la biología.

Es importante señalar que la idea de biología que tienen Maturana y Varela para nada se asemeja a la idea predominante en los años 70 y 80 (e incluso hoy), que es la biología molecular. La idea que tienen de biología Maturana y Varela es bastante más organicista, manifiestamente no reduccionista en ningún sentido, muy vinculada a algunas de las ideas más vanguardistas en su momento (Von Foester, Bateson, Margulis misma, notablemente).

Sin ambages, el conocimiento y la vida son una sola y misma cosa. De manera muy específica, la idea cardinal que les interesa es la de la deriva natural. Y justamente en ese contexto, claro, podemos pensar como un río, pensar como una rosa, pues es eso lo que hace esencialmente la evolución.

Douglas, M., (1996). *Cómo piensan las instituciones*. Madrid: Alianza. Publicado originalmente como resultado de unas importantes conferencias en 1986 (traducido al español una década después), Douglas es una de las antropólogas más importantes de la segunda mitad del siglo xx.

De manera atávica, cualquier persona pensaría que los seres humanos piensan; incluso muchos pueden sostener que solo los seres humanos piensan. Pues bien, de manera sorpresiva, Douglas afirma no solamente que las instituciones piensan, sino, peor aún, son, hoy por hoy, las

instancias que piensan, verdaderamente. La idea de base que se encuentra aquí es la del institucionalismo, un concepto que se remonta originariamente a la obra de Veblen, pero que se ha fortalecido hace poco (D. North, R. Coase, E. Ostrom, O. E. Williamson) en el seno de la economía, pero que se desarrolla igualmente como institucionalismo sociológico e institucionalismo histórico, en el institucionalismo político y en las relaciones internacionales. A la postre, el institucionalismo se desenvuelve en la dúplice comprensión como institucionalismo y neoinstitucionalismo, y que es, en realidad, la expresión más acabada de lo que en los años 70 será el estructuralismo. Ulteriormente, bien cabe asimilar el institucionalismo con las corporaciones.

Desde la antropología, M. Douglas concibe la idea de que las instituciones, y no solo y no principalmente los seres humanos, piensan. Así, se desplazan por completo las relaciones entre conocimiento y la sociedad, en el que expresamente muestra cómo algunas de las más importantes decisiones y acciones humanas no las llevan a cabo única o principalmente los seres humanos, sino, justamente, las instituciones. Las instituciones piensan y actúan. Las grandes decisiones hoy son institucionales o con ropaje institucional, tales como, por ejemplo, las decisiones sobre la vida, la muerte, el empleo, el desempleo, la paz, la guerra; piensa la Iglesia, el Estado, la empresa. Esto se expresa en esos artilugios de ingeniería social tan en boga que son: misión, visión, himno, bandera, etc.

Las grandes decisiones son decisiones institucionales o con ropaje institucional. A los seres humanos solo les quedan las pequeñas decisiones; por ejemplo, qué vestir un día determinado, si verse o no con alguien, y cosas semejantes.

Gross, A., and Vallely, A., (Eds.), (2012). *Animals and the Human Imagination. A Companion to Animal Studies.*

New York: Columbia University Press. En el espectro anglosajón, cuando existe un “Companion” es porque ya hay un acervo grande de trabajos previos, de manera que los “Companions” sirven como compendio y manual al mismo tiempo. El libro editado por Gross y Vallely es la mejor síntesis hasta la fecha acerca de los estudios animales.

La historia de una preocupación ética –en el sentido más amplio e incluyente de la palabra– por los animales tiene su referente moderno más claro en la obra de P. Singer, quien se pronunció claramente en favor de la liberación animal; corrían los años 2003-2008. Pues bien, los *Estudios animales (Animal Studies)*, es un campo eminentemente interdisciplinario que, con contribuciones de la literatura, la filosofía, la historia, la biología, las neurociencias, la biología, la geografía y la antropología, se ocupa esencialmente de dos aspectos: de un lado, comprender el papel que los animales juegan en la evolución de los seres humanos, y por tanto, de otra parte, entender en propiedad lo que son los animales. En consecuencia, una dimensión importante al respecto es precisamente la de elucidar cómo piensan los animales.

El mundo de los niños está lleno de animales; en contraste, los adultos solo tienen mascotas. La vida humana en general es sencillamente imposible sin la presencia de animales: insectos, peces de todos los tipos, aves, mamíferos, en fin, animales acuáticos, terrestres y voladores. Los *Estudios animales* tienen la dúplice función de sacar a la luz este hecho, entender la importancia de los animales para el proceso civilizatorio de la familia humana, pero, al mismo tiempo, entender entonces qué son los animales. Numerosas sorpresas han arrojado estos estudios de área, y la imagen eminentemente antropomórfica y antropocéntrica de la realidad ha sufrido serias modificaciones. Desafortunadamente

en la gran mayoría de los países de América Latina apenas sí existen universidades que hayan volcado su mirada hacia este nuevo y promisorio campo de estudios.

Kohn, E., (2013). *How Forests Think. Toward an Anthropology beyond the Human*. Berkeley: University of California Press. Este libro es el resultado de unas investigaciones post-doctorales del antropólogo ecuatoriano E. Kohn –hoy profesor en Canadá– en la selva amazónica del Ecuador. Como precisa el subtítulo, se trata de un trabajo que mira hacia una antropología más allá de lo humano. Hay que decir que esta es una tendencia notable muy reciente de una parte de importantes antropólogos actuales, desde los trabajos sobre los llamados “no-lugares” (lugares de tránsito, como las estaciones de metro o los aeropuertos), hasta la etnografía entre especies diferentes; desde los estudios sobre cómo las nuevas tecnologías afectan y modifican la esencia propia humana, hasta las investigaciones acerca de la forma cómo existen procesos autoorganizativos no-humanos y cómo estas formas inciden en las prácticas culturales.

Pues bien, Kohn ha escrito un texto, serio, bien documentado, con una conclusión que se anuncia ya desde el título: las selvas piensan. Por derivación, por tanto, no son solamente los seres humanos los que piensan y procesan información. Piensan los ríos, piensan los bosques y las quebradas, piensan las nubes, piensan los jaguares, piensan las plantas y los árboles.

En rigor, bastaría con un acercamiento desprevenido y totalmente abierto a las comunidades indígenas y raizales para comprobar que este es ya un lugar común para

¹¹ Personalmente, en una ocasión tuve un acercamiento con una comunidad raizal originaria de la zona alrededor de Buenaventura,

ellos¹¹. Manifiestamente las selvas –pero por extensión puede decirse también– como es el caso con los Arhuacos en la Guajira colombiana, piensan también los desiertos. Y entonces comprender qué y cómo piensan las selvas significa un trabajo de inmersión, de encuentro, una verdadera expresión acerca de las dinámicas de la información y las formas de organización –dinámicas siempre– que existen en las selvas; o en los desiertos, según. En una palabra, el territorio es un sistema vivo

Mancuso, S., Viola, A., (2015). *Brilliant Green. The Surprising History and Science of Plant Intelligence*. Washington: Island Press. S. Mancuso es un investigador italiano que vive y trabaja en Florencia, y es el fundador del Instituto de Neurobiología de las plantas, un instituto con sede en Florencia y en Tokio. Alumno y colega de F. Baluska, Mancuso es la voz más popular en el mundo en torno a una idea básica: las plantas piensan, las plantas tienen más de veinte sentidos y, en rigor, la botánica es una ciencia que desaparece gracias a que da lugar a la neurobiología de las plantas. Literalmente: todo lo que se sabe acerca del funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso central en los seres humanos se conforma y se amplía enormemente

una ciudad en el pacífico colombiano. Pues bien, aprendí gracias a hombres, y sobre todo mujeres alegres y sabias, que basta, por ejemplo, con observar una colonia de hormigas. Si las hormigas, en una colina o un territorio determinado, emprenden el camino arriba de la colina, transportando numerosos alimentos y otras cosas, eso significa que habrá lluvias e inundaciones; entonces las hormigas suben la colina para protegerse. Si, por el contrario, emprenden la marcha colina abajo, nuevamente, con sus alimentos y otras cosas, eso significa que habrá bastante calor y sequías. Muchos otros ejemplos podrían presentarse. Baste, aquí, con el indicio mencionado, a propósito del libro de E. Kohn.

con el estudio de las plantas. El libro fundacional acerca de los procesos de comunicación y los procesamientos de información en las plantas es (Baluska, *et al.*, 2006), que fue el resultado de un seminario internacional que tuvo lugar en 2005.

Entre los años 2006 hasta la fecha, emerge un nuevo campo del conocimiento centrado en la forma como las plantas piensan. Se trata de la neurobiología de las plantas, cuyos dos representantes más eximios, F. Baluska y S. Mancuso, ponen de manifiesto que las plantas –que constituyen el 97% de la biomasa del planeta–, son inteligentes, resuelven problemas y piensan.

La comunicación y el procesamiento de la información es mucho más vital para las plantas que para los seres humanos y los animales, debido a su fragilidad frente al medio ambiente, en cuanto organismos sésiles. La conclusión más importante de los trabajos adelantados por Mancuso, sus colegas y su equipo es que es posible efectivamente establecer los rasgos de la inteligencia biológica a partir del estudio de las plantas. Entre estos rasgos cabe destacar los siguientes: el procesamiento de información, la capacidad de aprendizaje, la memoria, las tomas de decisión, los riesgos de que son capaces, el modelamiento predictivo de la realidad, la memoria asociativa, la integración de los sentidos y el control del comportamiento, en fin, la capacidad para resolver problemas. De Mancuso, *cfr.* además (2017).

Ben-Jacob, E., (2009). “Learning from Bacteria about Natural Information Processing”, en: *Ann. N. Y. Acad. Sci.* (Octubre), 1178: 78-90. Ben-Jacob, fallecido en el año 2015, era el científico que más sabía de bacterias. De manera significativa hemos elegido aquí uno de sus artículos que apunta directamente al núcleo de los intereses de este libro.

Ben-Jacob fue un investigador que aportó enormes luces acerca de la naturaleza social de las bacterias y la forma como procesan información. Las bacterias resuelven problemas, se autoorganizan y toman decisiones de forma propia que nada tiene que ver con la manera como entendemos estos mismos procesos en los seres humanos. No puede decirse aún si propiamente “piensan” –y ciertamente no si lo hacen, en referencia a los animales, plantas o los seres humanos-, pero sí es claro que pueden ser comprendidas en términos de sistemas complejos adaptativos.

En cualquier caso, es claro que no existe *una* bacteria, sino, existen como *colonias bacteriales*. Por consiguiente, las bacterias no piensan, se comportan o se adaptan en términos de procesamientos individuales de información, sino, como colectivos. Sin ambages, una colonia bacterial es mucho más inteligente que una bacteria. Un rasgo sobresaliente en lo que significa pensar como la naturaleza.

No en última instancia, vale recordar que los seres humanos son el resultado, por decir lo menos, de distintos microbiomas, y más radicalmente, que por cada célula existen por lo menos diez bacterias. Como consecuencia, los seres humanos son holobiontes, redes de interdependencia, de cooperación, de aprendizaje y de adaptación magníficamente más complejas que lo que clásicamente sostuvieron filósofos, psicólogos, biólogos y teólogos.

Conway, J. H., y S. Kochen, “The Strong Free Will Theorem”, en: *Foundations of Physics*, 36 (10): 1441, 2006. J. Conway es un muy destacado matemático con notables contribuciones en varios campos en su área de trabajo, principalmente en la teoría de grupos y el estudio de conjuntos muy especiales denominados “monstruos” y “supermonstruos”, grupos de una enorme, muy compleja y hermosa simetría. Por su parte, S. Kochen es un mate-

mático destacado que trabaja principalmente en teoría de modelos, teoría de números y en mecánica cuántica. Pues bien, ambos escriben en el 2006 un artículo con una muy grande carga de heterodoxia y rigor, al mismo tiempo. El marco del artículo es la mecánica cuántica, y el núcleo del problema es el comportamiento de las partículas subatómicas o, lo que es equivalente, de la función de onda.

El debate de Copenhague es un asunto que no termina de estar completamente zanjado. La respuesta a este debate ha consistido en la emergencia de una serie de interpretaciones acerca de la mecánica cuántica; esto es, acerca de un fenómeno que puede ser adecuadamente expresado de dos maneras, así: de un lado, se trata del hecho de que la onda (experimento de Young, 1802) interactúa consigo misma, produciendo efectos perfectamente impredecibles; de otra parte, al mismo tiempo, se trata del hecho de que las partículas se comportan a veces como ondas, o al revés, y ello independientemente de la acción o la voluntad del observador, como sabiendo que están siendo observadas o no. El dilema planteado se expresa, asimismo, en un dúplice problema: el mundo es real y objetivo, independientemente del observador, o bien, el mundo sucede en correspondencia con la presencia y las acciones de un observador. Dicho en dos palabras: el mundo es determinista, o bien es esencialmente contingente. En un caso, no hay espacio alguno para la libertad. En el otro, el azar desempeña un papel fundamental en los avatares del mundo y la realidad.

Pues bien, el artículo de Conway y Kochen es un teorema: esto es, una demostración. Los autores demuestran, matemáticamente, que las partículas y las ondas deciden, y deciden libremente. Conocen el entorno, reconocen si hay un observador, y se comportan a la manera de la teoría cuántica. En toda la línea de la palabra, hay aquí todo el

espacio que se desee para las ciencias del comportamiento, tanto como para las ciencias cognitivas. Sin ambages, las partículas u ondas –ondículas se ha llegado a decir, igualmente; es decir, ondas que son partículas o se comportan como tales, o al revés– son libres, en toda la acepción y con toda la carga de la palabra. Dicho sin más, saben, conocen, se comportan, a la manera exactamente de sistemas vivos, en toda la línea de la palabra. Una conclusión radical y revolucionaria, cuando se la mira con los ojos de la tradición, o bien, con la mirada de la ciencia y la cultura normales.

El teorema fuerte del libre albedrío. La libertad o el libre albedrío existe ya desde el mundo subatómico y, según parece en consecuencia, no es, en absoluto una prerrogativa exclusiva o distintivamente humana.

La inteligencia de enjambre (*swarm intelligence*) es una de las disciplinas que componen y definen a las ciencias de la complejidad. Originariamente desarrollada por Bonabeau, Dorigo y Theraulaz en (1999), se trata de un abordaje computacional que va desde los sistemas naturales a lo artificiales y que pone de manifiesto que existen comportamientos colectivos –llamados técnicamente de enjambre–, según los cuales hay momentos en los que colectivos de animales, por ejemplo, deciden comportarse como un individuo, y obtienen más réditos que si se comportaran individualmente o como un agregado de individualidades. Literalmente, existe una inteligencia colectiva que es muy diferente y superior a la inteligencia individual e incluso a la suma de las inteligencias individuales de los componentes del enjambre. Y sin embargo, la lógica de la inteligencia de enjambre es bastante simple (cfr. asimismo, Kennedy y Eberhart, 2001, entre los textos fundacionales de la inteligencia de enjambre).

La inteligencia de enjambre ha sido comprobada y estudiada en escuelas de peces, cardúmenes, manadas

de mamíferos, bandadas de aves (Reynolds, 1987), pero también en comportamientos colectivos de partículas auto-impulsadas (varios autores, 1995), hormigas (Dorigo, 1992), en fin, en problemas de optimización en el marco específicamente de la ingeniería y la física (Kennedy, Eberhart, 1995). En todos los casos se ha observado que el comportamiento colectivo es cualitativamente diferente del individual y no se reduce a los individuos. Varios estudios recientes evidencian que existe incluso una memoria colectiva que es bastante mejor que la memoria individual de los componentes de un todo determinado, y que existe una mejor capacidad de aprendizaje colectivo bastante más robusta que cuando el aprendizaje es individual.

De este modo, dicho en el lenguaje de la filosofía de la ciencia, por ejemplo, el debate clásico entre individualismo ontológico versus individualismo metodológico estalla en mil pedazos. Debemos poder pensar el mundo en términos perfectamente distintos a la existencia de individuos y las interacciones entre ellos. Toda la filosofía práctica de Aristóteles, por decir lo menos, desaparece de un centellazo. El mundo y la realidad deben poder ser pensados en términos de colectivos que son inmensamente más y diferentes a las sumas de individualidades. Así piensa la naturaleza, según se deriva de la inteligencia de enjambre.

Los números tienen vida. Como se observa, el onceavo indicio es perfectamente sorprendente por donde se lo mire. Tácita o abiertamente, existe un psicologismo acerca de los números. Esto es, los números son operaciones mentales por parte de un sujeto, y su existencia pareciera estar sujeta a la mente de los matemáticos. Esta asunción no está en contravía con la creencia (= profesión de fe) de muchos matemáticos, de acuerdo con la cual existiría un mundo ideal, matemático, de ideas y formas, independientemente del mundo físico o real.

Los primeros indicios de la tesis de que los números están vivos provienen de Lochardt en 2009 y Strogatz en 2014. (Lochardt es un profesor de colegio y Strogatz es uno de los más destacados matemáticos en el marco de las ciencias de la complejidad).

La tesis que emerge es la de que los números tienen personalidad, comportamientos y diferentes relaciones entre sí y con el mundo. Usualmente, entre un público educado se sabe que existen diferentes clases de números, por ejemplo, los números reales, los naturales, los irreales, los imaginarios, los complejos, los racionales, los irracionales, los negativos, los positivos, los primos, los surreales. Pero existe, si cabe la expresión, todo un zoológico de números además de estos. Están, adicionalmente, los números trascendentes, los números monstruos, los número amigos, los números algebraicos, los números afines, los números enemigos, números de Fibonacci y muchos otros. A lo largo de la historia, diferentes culturas se han encontrado con diferentes tipos de números, una afirmación maravillosa que apunta en una dirección bien precisa: las etnomatemáticas, esto es, el reconocimiento explícito de que existen matemáticas en correspondencia con resortes culturales (D'Ambrosio, 2013).

Este onceavo indicio permite afirmar, sin la menor duda, que los números tienen personalidad, comportamientos —exactamente en el sentido de las ciencias del comportamiento— y relaciones entre sí y con el mundo. En una palabra: los números están vivos, y así, naturalmente, piensan, conocen, se comportan, deciden, se relacionan.

Recapitulando: los seres humanos piensan algorítmicamente, manifiestamente por culpa de la cultura, en el sentido más amplio pero fuerte de la palabra. La naturaleza y los sistemas vivos, en contraste, son inmensamente más libres y creativos, gracias a que no piensan ni viven en tér-

minos de algoritmos. Pensar como los sistemas vivos es una invitación a cambiar la estructura mental y todo lo que atañe a la misma. La historia de la ciencia puede ser vista como aquella mediante la cual la familia humana va ganando en grados de libertad. Los niveles y modos de comprensión y explicación de la Primera Revolución Científica con respecto a la segunda o la tercera son, manifiestamente, más limitados. Y sin embargo, la historia de la ciencia no transcurre teleológicamente. No hay un fin puesto de antemano que hay que alcanzar sin más. Si cabe en este contexto, la historia, como la evolución, según F. Jacob, sucede como bricolaje. En cada paso se aprovecha lo que se puede pero se usa, posteriormente, de acuerdo con las circunstancias, las necesidades o las posibilidades.

Quisiera decirlo en una palabra, si es posible. Los seres humanos piensan y viven analíticamente. Analizar, como es sabido, significa dividir, fragmentar, compartimentar. La voz de Maquiavelo resuena desde el fondo. Por el contrario, la naturaleza y los seres vivos –excepto el ser humano en general–, piensan y viven sintéticamente, es decir, integrando, relacionando, viendo correlaciones, en términos no-causales, integrativamente.

Digámoslo sin más: la vida se hace posible como síntesis. Más exactamente, los sistemas. Los sistemas vivos sintetizan información; pero asimismo llevan a cabo síntesis de proteínas, las cuales les permiten procesos homeostáticos fuertemente vinculados con la salud; en otro plano, cabe mencionar las síntesis de la imaginación, esas que tanta importancia tienen en la filosofía de Kant, o en la explicación de la libertad en la filosofía de Sartre (cfr. *La imaginación y Lo imaginario*). De la misma manera hay que tener en cuenta las síntesis de la percepción, que son determinantes en la base de todos los procesos cognitivos e

informativos con respecto al mundo alrededor; y como enseña la biología, hay que hacer referencia siempre al sexo como síntesis, el cual otorga enormes ventajas selectivas por sobre la reproducción asexual.

En el plano químico y bioquímico, las síntesis de/en como redes (notablemente, de iones, biopolímeros y metabolitos) son procesos que operan constantemente haciendo posibles los equilibrios entre las tensiones homeostáticas y homeoréticas. En muchos planos, geográfico, de biología sintética o incluso en física y matemáticas, tenemos además las síntesis de/en como mapas, y como un descubrimiento fundamental de las matemáticas y de las propias ciencias de la complejidad, hay que agregar, asimismo, las síntesis de/en como grafos e hipergrafos. Toda la teoría o la ciencia de redes complejas descansa en este plano. Globalmente dicho, siempre hay que recordar que la química opera esencialmente con base en síntesis, y que no otra cosa son las reacciones. Hacia el año 2001 nace la femtoquímica, la cual arroja luces novedosas sobre los procesos que se encuentran en la base de la vida; de manera genérica, cabe recabar constantemente en la importancia de la geometría en general, de la topología en particular y de las matemáticas de sistemas discretos. En fin, ya en lenguaje y en el plano computacional e informacional, se hace indispensable mencionar esa clase de síntesis que es la simulación.

Vivimos una época apasionante. Las mejores posibilidades para la afirmación, la exaltación, el posibilitamiento, la dignificación y el cuidado de la vida en general; de la vida conocida tanto como de la vida tal-y-como-podríaser-posible se encuentran ante nosotros. Hay que conocerlas y aprovecharlas.

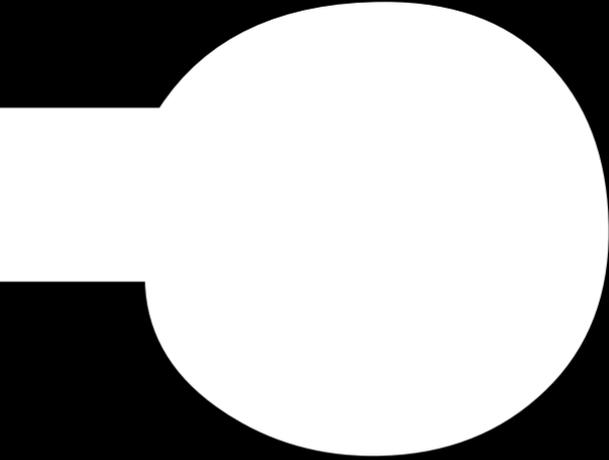
Los subpuntos 4.1. y 4.2., esto es, la distinción entre las formas humanas de pensar y las formas de pensar de la naturaleza se sintetizan en la Tabla n.º 2.

Tabla 2. Comparación de la forma como piensan los seres humanos con la naturaleza.

Cómo piensan los seres humanos generalmente	Cómo piensa la naturaleza
Lineal	En paralelo
Secuencial	De forma distribuida
Jerárquica	Con base en no-localidad
Centralizada	No-centralizada
Vertical	Horizontal
Como competencia	Como cooperación (mutualismo)
Centrado en sí mismo	En paralelo
Tautológica	No jerárquica ni secuencialmente
Siguiendo algoritmos (normas, recetas, leyes, prescripciones, poderes, etc.)	No-algorítmica
Análisis	Como procesamiento interactivo
	Inteligencia de enjambre
	Multiescalar o multinivel
	Con polivalencia
	En términos difusos
	En y como síntesis
...Y otras más...	...Y muchas otras más...

Fuente: elaboración propia

5



Conclusiones

Las revoluciones científicas no suceden de una sola manera, ciertamente no existe algo así como una causa immaculada —“la causa de todas las causas”—, por la cual suceden, y manifiestamente que son eventos que sencillamente acaecen. Una observación importante emerge en este punto.

La Primera Revolución Científica sucedió en el curso de varios siglos. Se incubó a lo largo de mucho tiempo y apareció durante un lapso muy largo. Son muchas las razones por las cuales la ciencia clásica significa una revolución científica. Rompió con el peso de los argumentos de autoridad —generalmente de orden religioso o teológico—; significó el tránsito del modelo geocéntrico de la realidad al modelo heliocéntrico (la famosa revolución copernicana). Desplazó todo el aparato metodológico desde criterios deductivos hacia una ciencia basada en observación de datos, descripción del mundo, y demás; ciencia desde abajo, literalmente: que pulía vidrio, creaba o mejoraba instrumentos (como el telescopio), abría cadáveres, se ensuciaba las manos. Concomitantemente, estableció —aunque el postulado como tal se formulará muchos siglos después—, que el carácter de verificabilidad o de razonabilidad de un experimento era la posibilidad de reproducirlo, de suerte que un experimento que no se podía reproducir arrojaba como resultado pseudo-ciencia. De manera muy significativa, la ciencia fue una revolución porque se trata de conocimiento susceptible a refutaciones, conformaciones, contrastaciones, en fin, falseaciones. La ciencia concibe a la verdad como investigación y así, “verdad” es un problema abierto. La ciencia no pontifica, relativamente a toda la tradición medieval (no obstante, el hecho de que aún haya universidades que se llaman a sí mismas “Pontificia”).

Muchos otros rasgos podrían presentarse. En cualquier caso, lo significativo estriba en el hecho de que pensar

la Primera Revolución Científica implica pensar en términos de una revolución de largo alcance, de larga duración (*longue durée*). Otro tanto puede decirse, legítimamente, con respecto a la Primera Revolución Industrial, la cual se encuba durante largos decenios, irrumpe como un proceso de larga duración, y sus alcances se hacen sentir a mediano y largo plazo.

Pues bien, un estudio de la Segunda y la Tercera Revolución Científica –y concomitantemente de la Segunda, la Tercera y la Cuarta Revolución Industrial– pone de manifiesto que los ritmos del conocimiento humano, mucho más que geométricos, son hiperbólicos. Existe entonces la tendencia a pensar las revoluciones científicas y tecnológicas, análogamente a lo que sucede con las revoluciones políticas, como si fueran acontecimientos que se miden en términos de años; incluso, à la limite, de meses. El rasgo más radical de la Tercera Revolución Científica –una característica que comparte con la teoría cuántica– es que, por primera vez, la ciencia se organiza en términos inter y transgeneracionales. Así, la ciencia en general le enseña a la cultura y a la sociedad tiempos de una envergadura y calibres magníficamente más complejos. La ciencia puede transformar a la política y a la sociedad, por lo pronto en términos de escalas y de densidades temporales.

La naturaleza “piensa” a largo plazo, y es a largo plazo como la verdad de las cosas queda decantada, las apariencias se resuelven, las pasiones se reaniman, una y otra vez.

Referencias

- Alexandrov, A. D., Kolmogorov, A. N., and Lavrent'ev, M. A. (1999). *Mathematics. Its Content, Methods and Meaning*. Mineola, New York: Dover Publications, Inc.
- Auletta, G. (2011). *Cognitive Biology. Dealing with Information from Bacteria to Minds*. Oxford: Oxford University Press
- Baluska, F., Mancuso, S, Volkmann, D., (Eds.) (2006). *Communication in Plants. Neuronal Aspects of Plant Life*. Springer Verlag
- Ben-Naim, A. (2011). *La entropía desvelada*. Barcelona: Tusquets
- Bonabeau, E., Dorigo, M., Theraulaz, G. (1999). *Swarm Intelligence. From Natural to Artificial Systems*. A volume in the Santa Fe Institute studies in the sciences of complexity. New York-Oxford: Oxford University Press
- Chaitin, G. J. (1998). *The Limits of Mathematics*. Springer Verlag
- Chamovitz, D. (2012). *What a Plant Knows. A field guide to the sense*. New York: Scientific American-Farrar, Starus and Giroux
- D'Ambrosio, U. (2013). *Etnomatemáticas. Entre las tradiciones y la modernidad*. Madrid-México: Ed. Auténtica (Belo Horizonte)-Universidad Autónoma de Guerrero-Ed. Díaz Santos
- Davies, P., and Gregersen, N. H., (Eds). (2010). *Information and the Nature of Reality. From Physics to Metaphysics*. Cambridge: Cambridge University Press
- Eldredge, N., Gould, S. J. (1972). "Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism", en: Schop, T.

- M. J., (Ed.), *Models in Paleobiology*. San Francisco: Freeman Cooper
- French, P. A., Uehling, Jr., Th. E., Wettstein, H. K., (Eds.). (1994). *Midwest Studies in Philosophy. Volume XIX. Philosophical Naturalism*. Notre Dame, In: University of Notre Dame Press
- Gleick, J. (2011), *The Information. A History, a Theory, a Flood*. New York: Vintage Books (Existe traducción al español)
- Gould, S. J. (1999). *La vida maravillosa. Burgess Schale y la naturaleza de la historia*. Barcelona: Crítica
- Gould, S. J. (2004). *La estructura de la teoría de la evolución*. Barcelona: Tusquets
- Greenspan, S. I. (2004). The first idea. How symbols, language, and intelligence from our primate ancestors to modern humans, Part III: The development of language and intelligence, Da Capo Press
- Isaacson, W. (2014). *Los innovadores. La historia de los genios que crearon internet*. Barcelona: Debate
- Jaeger, G. (2009). *Entanglement, Information, and the Interpretation of Quantum Mechanics*. Springer Verlag
- Kauffman, S. (1995). *At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*. Oxford: Oxford University Press
- Kennedy, J., Eberhart, R. C. (2001). *Swarm Intelligence*. San Diego, CA: Morgan Kaufman Publishers
- Landauer, R. (1991). "Information is Physical", en: *Physica Today* 44, 5, 23; doi: <https://doi.org/10.1063/1.881299>
- Landauer, R. (1999). "Information is a physical entity", en: *Physica A*, vol. 263, issues 32-4, February, pp. 63-67; doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(98\)00513-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(98)00513-5)
- Lloyd, S. (2006). *Programming the Universe. A Quantum Computer Scientist Takes on the Cosmos*. New York: Alfred A. Knopf

- McLuham M. (1964). *La comprensión de los medios como las extensiones del hombre*. México, D. F.: Ed. Diana
- McLuhan, M. (1968). *El medio es el mensaje. Un inventario de efectos*. Buenos Aires: Paidós
- McLuhan, M. (1969). *Message et Massage*. New York-Toronto: Random House
- Maldonado, C. E. (2016) “La naturaleza y el entorno del pensamiento”, en: Critica.Cl. Revista Latinoamericana de Ensayo, Año XIX, disponible en: <http://critica.cl/filosofia/la-naturaleza-y-el-entorno-en-el-pensamiento>
- Maldonado, C. E. (2018). Siete tesis sobre complejidad y salud, en: Revista de Salud del Bosque, vol. 8, No. 1, pp. 5-7
- Maldonado, C. E. (2019a). *Sociedad de la información, políticas de información y resistencias*. Bogotá: Desde Abajo
- Maldonado, C. E. (2019b). “Epigenetics and/as complexity”, en: xyz. Bogotá: Ed. Universidad El Bosque-BIEVEP
- Maldonado, C. E. (2017) “Matching the Unmatchable. Complexity theory and quantum theory”, en: *Neuroquantology*, Vol. 15, No. 3, September, pp. 125-129, doi: 10.14704/nq.2017.15.3.1046; disponible en: <https://www.neuroquantology.com/index.php/journal/article/view/1046/860>
- Maldonado, C. E. (2016) “El evento raro. Epistemología y complejidad”, disponible en: <http://www.moebio.uchile.cl/56/maldonado.html>, No. 56, pp. 187-196; doi: 10.4067/S0717-554X2016000200006
- Mancuso, S. (2017). *El futuro es vegetal*. Barcelona: Galaxia Gutemberg
- Mancuso, S., Viola, M. (2015). *Brilliant Green. The Surprising History and Science of Plant Intelligence*. Washington, D. C.: IslandPress

- Margulis, L., Sagan, D. (2001). *Micocosmos. Cuatro mil años de evolución desde nuestros ancestros microbianos*. Barcelona: Tusquets
- Murphy, M. P., y O'Neill, L. A. J., (Eds.) (1999). *La biología del future. ¿Qué es la vida? Cincuenta años después*. Barcelona: Tusquets
- Nussbaum, M. (2011). *Creating Capabilities. The Human Development Approach*. Harvard, MA: Harvard University Press
- Pagels, H. R. (1991). *Los sueños de la razón. El ordenador y los nuevos horizontes de las ciencias de la complejidad*. Barcelona: Gedisa
- Prigogine, I., y Stengers, I. (2002). *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial
- Roederer, J. G. (2005). *Information and its role in nature*. Springer Verlag.
- Taleb, N. N., (2011). *El cisne negro. El impacto de los altamente improbable*. Barcelona: Paidós
- Vedral, V. (2010). *Decoding Reality. The universe as quantum information*. Oxford: Oxford University Press (existe traducción al español)
- Vincent, J.-D. (2002). *Biologie des passions*. Paris: Odile Jacob
- Xuan Thuan, T. (2013). *Deseo de infinito. Sobre cifras, universos y hombres*. Biblioteca de Buridan, Parte III: El comportamiento del universo entre lo finito y lo infinito
- Watson, P. (2017). *Convergencias. El orden subyacente en el corazón de la ciencia*. Barcelona: Crítica
- Wohlleben, P. (2016). *The Hidden Life of Trees. What they feel, how they communicate. Discoveries from a secret world*. Vancouver-Berkely: Greystone Books

Páginas web:

<https://www.simonsfoundation.org>: It from qubit: Simons
Collaboration on Quantum Fields, Gravity and In-
formation

<https://www.sintropia.it>

Referencias del autor

- Maldonado, C. E., Gómez-Cruz, N. (2014). Synchronicity Among Biological and Computational Levels of an Organism: Quantum Biology and Complexity. *Procedia Computer Science* 36, 177-184. DOI: 10.1016/j.procs.2014.09.076.
- Maldonado, C. E., Gomez-Cruz, N. (2015). Biological Hypercomputation: A New Research Problem in Complexity Theory, en: *Complexity*, Vol. 20, Issue 4, pp. 8-18. DOI: <https://doi.org/10.1002/cplx.21535>
- Maldonado, C. E. (2015). A Step toward Understanding Information Processing in Plants. Explaining the Complexity of Life Thanks to Plants Physiology, en: *Cell and Developmental Biology*, Vol. 4, No. 2, pp. 156-159. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2168-9296.1000156>
- Maldonado, C. E. (2015). Pensar la complejidad, pensar como síntesis, en: *Cinta de Moebio*, 54, pp. 313-332. Disponible en: <http://www.cintademoebio.uchile.cl/>
- Maldonado, C. E. (2017). Positive affirmation of non-algorithmic information processing, en: *Cinta de Moebio*, 60, pp. 279-285. DOI: 10.4067/S0717-554X2017000300279. Disponible en: <http://www.cintademoebio.uchile.cl/index.php/CDM/issue/view/4769>
- Maldonado, C. E. (2017). Hipercomputación biológica y comunicación entre los seres vivos, en: Arboleda, L. C., (Ed.), *Un Festschrift para José Luis Villaveces*. Bogotá: Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, pp. 109-124; libro, pp. 1-166,

- Maldonado, C. E. (2018). A Quantum Coherence-Recoherence-Based Model of Reality, en: *Neuroquantology*, 16(11): 44-48. DOI: 10.14704/nq.2018.16.11.1858. Disponible en: <https://www.neuroquantology.com/index.php/journal/article/view/1858/1285>.
- Maldonado, C. E. 2018. Biological Hypercomputation and Degrees of Freedom, en: *Complexity in Biological and Physical Systems - Bifurcations, Solitons and Fractals*, R. López-Ruiz (Ed.), London, IntechOpen, pp. 83-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.73179>.
- Maldonado, C. E. (2019). *Turbulencias. Y otras complejidades*. Bogotá: Ed. Universidad El Bosque (en prensa).
- Maldonado, C. E. (2019). Biological hypercomputation: social and political implications, en: xyz (en prensa).
- Maldonado, C. E. (2019). Quantum physics and Consciousness. A Strong Defense of Panpsychism, en: *Transformação*, (en prensa).

Los textos ya publicados están disponibles en:

Academia.edu.co: <https://www.unbosque.edu.co/CarlosEduardoMaldonado>

Researchgate.net: https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Maldonado2/research



Teoría de la
**información
y complejidad**

La Tercera Revolución Científica

Este libro, editado y publicado por el sello Editorial Universidad El Bosque y Ediciones desde abajo, se terminó de imprimir en la ciudad de Bogotá en el mes de junio del año 2020.

Para esta edición, se usaron las familias tipográficas: Times a 11,5 puntos y Teko de 15 a 50 puntos.

El formato de este ejemplar es de 13,5 x 23 centímetros.

La cubierta está impresa en Propalcote de 300 gramos de baja densidad, y las páginas interiores, en papel Bond Bahía de 90 gramos.