

Colección Filosofía e historia de las ciencias, 1

# La perspectiva informacional en la filosofía de la naturaleza

Eugenio Andrade





# **La perspectiva informativa en la filosofía de la naturaleza**

© UNIVERSIDAD EL BOSQUE  
© UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
© LUIS EUGENIO ANDRADE PÉREZ

LA PERSPECTIVA INFORMACIONAL EN LA FILOSOFÍA DE LA NATURALEZA  
COLECCIÓN FILOSOFÍA E HISTORIA DE LAS CIENCIAS, 1

Rectora Universidad El Bosque  
María Clara Rangel Galvis  
Rectora Universidad Nacional de Colombia  
Dolly Montoya

Editor Universidad El Bosque  
Miller Alejandro Gallego Cataño  
Editor Universidad Nacional de Colombia  
Gustavo Silva Carrero  
Coordinación editorial y corrección de estilo  
Mónica Roesel Maldonado  
Dirección gráfica y diseño  
María Camila Prieto Abello

Departamento de Humanidades, Universidad El Bosque

Primera edición: abril de 2022  
ISBN: 978-958-739-256-2 (Impreso)  
ISBN: 978-958-739-257-9 (Digital)

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización  
escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en Bogotá D.C., Colombia  
Vicerrectoría de Investigaciones  
Editorial Universidad El Bosque  
Av. Cra 9 n.º 131A-02, Bloque A, 6.º piso  
(601) 648 9000, ext. 1100  
editorial@unbosque.edu.co  
www.investigaciones.unbosque.edu.co/editorial

Impresión: Image Printing  
Abril de 2022



Esta publicación, original e inédita, ha sido editada conforme a los parámetros establecidos por la Editorial Universidad El Bosque y la Editorial Universidad Nacional de Colombia. Ha sido evaluada por 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.

Universidad El Bosque | Vigilada Mineducación. Reconocimiento como universidad: Resolución 327 del 5 de febrero de 1997, MEN. Reconocimiento de personería jurídica: Resolución 11153 del 4 de agosto de 1978, MEN. Reacreditación institucional de alta calidad: Resolución 013172 del 17 de julio 2020, MEN.

101 A53P

Andrade Pérez, Luis Eugenio

La perspectiva informacional en la filosofía de la naturaleza / Luis Eugenio Andrade Pérez -- Bogotá: Universidad El Bosque; Universidad Nacional de Colombia, 2022

434 p.; 17 x 24 cm

Incluye tabla de contenido, índice analítico, onomástico y referencias bibliográficas

ISBN: 9789587392562 (Impreso)

ISBN: 9789587392579 (Digital)

1. Acto (Filosofía) 2. Caos determinista 3. Filósofos griegos 4. Naturaleza 5. Forma (Filosofía) 6. Cuatro elementos (Filosofía) I. Universidad El Bosque. Vicerrectoría de Investigaciones.

Fuente. SCDD 23ª ed. - Universidad El Bosque. Biblioteca Juan Roa Vásquez (Abril de 2022) - RR

Colección Filosofía e historia de las ciencias, 1

# La perspectiva informacional en la filosofía de la naturaleza

# Agradecimientos

A los maestros que estimularon las preocupaciones que se reflejan en este trabajo, en especial a los profesores José Luis Villaveces (q.e.p.d.) y Luis Eduardo Mora (q.e.p.d.), quienes desde prácticas científicas diferentes se preocuparon por justificar una visión de la naturaleza que permita pensar la unidad entre el mundo físico y el biológico.

A los compañeros y colegas con quienes he tenido ocasión de discutir diversos aspectos de las problemáticas aquí analizadas. En especial a los profesores Yamel López Forero, Luis Álvaro Cadena Monroy (q.e.p.d.), Joao Muñoz Durán, Jairo Giraldo Gallo y Carlos Eduardo Maldonado.

Al profesor Fernando Zalamea y al Centro de Sistemática Peirceana, por motivarme a persistir en esta búsqueda.

A Miguel Espinoza, por invitarme a los simposios y demás actividades promovidas por el Círculo de la Filosofía de la Naturaleza.

A la Asociación Iberoamericana de Filosofía de la Biología (AIFIBI), por la organización de eventos y debates en los que he tenido la oportunidad de discutir algunos de los puntos aquí trabajados.

A los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia, en especial al grupo de “Bioteóricos”, y a los estudiantes de la Maestría en Filosofía de la Ciencia de la Universidad El Bosque (UEB), quienes con sus inquietudes, cuestionamientos y aportes me han impulsado a avanzar en mi indagación.

Al Departamento de Humanidades de la UEB y al equipo de profesores que me han apoyado en este esfuerzo, en especial a la profesora Ana Isabel Mendieta.

A todo el equipo editorial de la UEB, muy en especial a Mónica Roesel Maldonado, por su acucioso y acertado trabajo editorial.

*A toda mi familia extendida, dispersa en la vastedad del espacio y la profundidad del tiempo, sin distingo de forma, grado de organización ni clase taxonómica, pero actuante a través de una descendencia multiforme que forcejea en todo momento para engendrar futuros posibles.*

*A mi hermosa familia inmediata. A Teresa, por su presencia amorosa y apoyo contundente; a mis hijos, David y Camila, así como a mis nietos, Minami, Tomás y Lucía, que en una época de grandes transformaciones se asoman a escenarios ricos en experiencias imprevisibles.*

ミナミ

美波

	■	<b>Prólogo</b>	<b>13</b>
	■	<b>Introducción</b>	<b>29</b>
Cap.	<b>1</b>	<b>Las nociones de <i>materia</i>, <i>mente</i> y <i>vida</i> en la Grecia antigua</b>	<b>47</b>
		Del caos al <i>logos</i> en la mitología	49
		La búsqueda de la sustancia primigenia por los filósofos jonios	51
		La escuela pitagórica o la prevalencia de un principio formal	55
		El movimiento es paradójico, solo existe el ser inmutable	58
		La existencia de una ley del cambio y el movimiento	61
		La materia y las partículas indivisibles	63
		Los cuatro elementos y la evolución cíclica del cosmos y la vida	65
		La divisibilidad al infinito y el papel de la mente	68
		Platón o la realidad de las formas genéricas	73
		Aristóteles y la materia primera	81
		Aristóteles y el estudio de las formas vivas	82
		Aristóteles y las causas o tipos de explicaciones	86
		Aristóteles y Heráclito contra Platón y Parménides	90
		Recapitulación	93
Cap.	<b>2</b>	<b>Leibniz, precursor de una cosmovisión informacional</b>	<b>97</b>
		Mecanicismo y vitalismo	98
		La noción de <i>cueroo orgánico</i> en la monadología	103
		El principio de la armonía universal	108
		La información en la perspectiva de Leibniz	110
		Las razones a favor del preformismo en el siglo xvii	120
		De la generación espontánea a la heterogénesis	129
		La gran cadena del ser, las esencias individuales y la transformación	131
		Ecos de Leibniz en la ciencia contemporánea	134



Cap.

# 3

## De Kant a Uexküll, vía Lamarck y Darwin

141

Kant y la distinción entre lo ontológico y lo epistémico	142
Lamarck o la búsqueda de un principio interno de organización	149
Darwin o la búsqueda de un principio externo de organización	156
Internalismo y externalismo en el pensamiento de Uexküll	165
El círculo funcional o la codificación y decodificación de señales informativas	170
La significación como mediadora entre los organismos y el medioambiente	175
La información como mediadora entre los organismos y el medioambiente	180
La información como factor natural regulador y la ley de conformidad a plan	184
El evolucionismo de Uexküll	190
La música de las esferas y la sinfonía de la vida	193
La metafísica de Uexküll	

Cap.

# 4

## Energía, información y entropía en el estudio de sistemas vivos

199

La información epigenética	200
La información como principio morfogénético físico-biológico	211
La información como autoorganización, entropía y compartimentalización	216
Energía y organización ecosistémica	224
La información como imposición de restricciones	228
Restricciones informativas y flujo de energía	237
Entre las posibilidades reales y la actualización de las elegidas	240

# Contenido

Cap.	<b>5</b>	<b>Organización jerárquica y procesamientos de información</b>	<b>245</b>
		La multiplicidad de niveles anidados en los sistemas naturales	246
		Procesamiento de información análoga	253
		Procesamiento de información digital	256
		La información como transacción entre procesamientos análogos y digitales	258
		Causalidad y procesamientos de información	263
		Modelos de jerarquías naturales en tres niveles	266
		Condiciones de los sistemas procesadores de información	269
		Emergencia de niveles	273
		El procesamiento de información como regulador de las pulsaciones de los sistemas naturales	278
		Pasos hacia la emergencia de sistemas organizados	280
		El problema del origen de la vida	283
		Recapitulación	291

Cap.	<b>6</b>	<b>La información en las interpretaciones de la mecánica cuántica</b>	<b>299</b>
		La interpretación de Copenhague y el principio de complementariedad	300
		La realidad ontológica de la función de onda o la interpretación de los muchos mundos	306
		La teoría de la decoherencia o darwinismo cuántico	308
		La “medición interna” o el intento de trazar una frontera entre lo cuántico y lo clásico	314
		La información como principio ontoepistémico de organización	316
		La naturalización de la actividad mental en la mecánica cuántica	319
		Hacia la superación de la controversia entre el (neo)darwinismo y el (neo)lamarckismo	324


Cap. **7**

La epigénesis como proceso análogo a la decoherencia	330
Reversibilidad e irreversibilidad en el procesamiento de la información	334
La interpretación de David Bohm	337
La información primero	340

**De la ley de la mente de Charles S. Peirce a una noción integradora de *información* 345**

La información en la ciencia moderna	346
La perspectiva informacional en el idealismo objetivo de Peirce	351
La ciencia decimonónica y la metafísica evolucionista de Peirce	355
De la ley de la mente de Peirce a la perspectiva informacional	363
Iteración sígnica y procesamientos de información	372
La abducción natural	376

 <b>A modo de recapitulación</b>	<b>383</b>
---	------------

 <b>Lista de figuras</b>	<b>395</b>
---	------------

 <b>Índice onomástico</b>	<b>397</b>
--	------------

 <b>Índice analítico</b>	<b>401</b>
---	------------

 <b>Referencias</b>	<b>409</b>
--	------------

# Prólogo

Han sonado las alarmas sobre el futuro de la vida orgánica en el planeta y urge implementar profundas transformaciones en todas las facetas del quehacer humano. Vivimos en un mundo de grandes tensiones sociales, políticas y ambientales, entre muchas otras que exigen la interpretación de una diversidad de señales a fin de que se traduzcan en acciones conducentes a la recreación de un medioambiente (natural, social, cultural) favorable a la mayor diversificación y propagación de las formas de vida, incluyendo la nuestra, como especie biológica y como sociedad altamente tecnificada.

La idea de la información como principio general de organización representa al universo como un gran sistema procesador de señales, desde su más remoto comienzo, pasando por la generación e individuación de sujetos cada vez más complejos a lo largo de la evolución biológica, hasta la época contemporánea, caracterizada por sociedades diversas y complejas basadas en las tecnologías de la comunicación y los sistemas inteligentes de procesamientos de datos. En nuestra era, la información se ha convertido en el bien más codiciado; esto deja avizorar un futuro viable en la medida en que permita el acceso a nuevas fuentes y modos de transformar la energía y así sustentar la emergencia de nuevas organizaciones sociales. De lo contrario, con la destrucción de la biosfera y la extinción masiva de especies vendrá el colapso definitivo de las sociedades humanas.

En el ámbito cultural proliferan expresiones contradictorias a las que se ha pretendido justificar con una cosmovisión científica. Por un lado, se manifiesta en la cultura un determinismo inmovilizante y desesperanzador que se nutre de la inevitabilidad de una anunciada muerte térmica (segunda ley de la termodinámica o de la entropía creciente); por otro lado, una exaltación del azar y la contingencia. Estas expresiones abren la vía a un relativismo extremo, cercano al escepticismo, que hace irrelevante la pregunta por nuestro lugar como especie con características culturales peculiares y a la vez como forma de vida profundamente enraizada en la naturaleza animal. Se trata de un materialismo clásico que no logra reconciliar el azar creativo con el determinismo fatalista.

No se ha consolidado en el ámbito científico una cosmovisión centrada en el hecho vital por excelencia, y menos aún en el reconocimiento de la creatividad intrínseca de la naturaleza. Para ahondar la crisis, ha venido surgiendo un ambiente favorable a la proliferación de grupos que bajo diversos rótulos desestiman las evi-

dencias de la ciencia, muchos de los cuales se reafirman en fundamentalismos políticos y religiosos y llegan a los extremos de negar el factor humano en el calentamiento global o de rechazar hechos tan contundentes como la evolución de las especies.

Durante el Renacimiento, la cultura científica requirió como plataforma de lanzamiento un monoteísmo absolutista centrado en la imagen de un Dios legislador que ejercía un poder sobrenatural y, por tanto, externo a la naturaleza. La absolutización de las leyes naturales en los siglos XVII y XVIII constituyó un paso positivo en el avance de la Revolución científica en una primera etapa y sirvió de sustento a un conocimiento objetivo y racional fundado en las observaciones y experimentos controlados que constituyen la ciencia moderna. Pero la noción misma de leyes ha hecho crisis en la interpretación de los fenómenos evolutivos, además de que en lo social lamentablemente se impone la arbitrariedad de la fuerza desplazando la racionalidad a los archivos de un pasado efímero y reciente. La ansiada libertad y las posibilidades creadoras exigen un concepto sustituto que flexibilice las leyes, haciéndolas más afines al proceso vital por excelencia.

En la cultura científica, esta crisis se ha manifestado en libros que proclaman el fin de la ciencia (Horgan, 1996), de la historia (Fukuyama, 1992), de la certidumbre (Prigogine y Stengers, 1997) y del tiempo (Barbour, 2001), tesis que describen un panorama desolador en lo cultural y lo social, como expresión de la crisis reinante en la cosmovisión que impera en la ciencia. Para John Horgan, la ciencia ha llegado a su ocaso, ha dejado de sorprendernos y ya dio todo lo que podía. No hay verdadera innovación, puesto que las grandes teorías en lo fundamental ya están delineadas y solo faltan ejercicios muy puntuales de afinamiento. Este autor examina el progreso de la ciencia desde una perspectiva histórica y describe una situación de estancamiento para cuestionar la ideología casi religiosa del progreso indefinido y el poder ilimitado de la ciencia.

En oposición a este escepticismo, considero que estamos ante el amanecer de una nueva manera de pensar, sentir y actuar, en la cual las vías de síntesis conceptuales y el manejo de sistemas nanoelectrónicos y orgánicos en la investigación de los seres vivos abren perspectivas inéditas, toda vez que se han formulado reinterpretaciones tanto de la segunda ley de la termodinámica, o ley de la entropía, como de la mecánica cuántica, que se alejan de la concepción tradicional del

mundo que la ciencia venía justificando. Lejos de agotarse, las posibilidades están incrementándose de múltiples maneras y en diferentes niveles. En este contexto, la ciencia debe examinar la pertinencia de repensar y reevaluar el absolutismo de las leyes naturales para concebirlas como regularidades más o menos consolidadas de una naturaleza creativa, sorprendente, exploradora e impredecible.

De modo semejante a Horgan, Francis Fukuyama (1992) señala que ya no existen alternativas viables al modelo capitalista liberal capaces de enfrentarlo. Asistimos, dice, al fin de las ideologías marxistas, que abandonan la arena política, y esta se la están tomando movimientos nacionalistas y religiosos que tratan de reavivar en lo ideológico un liberalismo económico a ultranza, aupados por movimientos racistas y sexistas. Tristemente, el arte, la filosofía y la ciencia pasan a un segundo plano ante la prevalencia del mezquino cálculo económico y la ganancia a corto plazo.

El tren de la historia llega a su estación final antes de que la gran mayoría de los países de Centro y Suramérica, África, Asia y Oceanía, que luchan por reconocerse en su historia ancestral, logren subirse. Vivimos al margen de la historia, errando sin brújula en un mundo cada vez más regulado por el mercado y por un sistema financiero que escapa al control de los centros de decisión y poder de los gobiernos locales. No obstante, Steven Pinker (2011) considera que estamos viviendo la mejor época de la humanidad: un nivel mínimo de bienestar básico ha sido alcanzado por el mayor número de individuos en toda la historia; además, pese a las noticias de guerras permanentes, los periodos de paz han sido los más prolongados en el tiempo y los más extendidos en regiones habitadas. Para este autor, el pronóstico no es tan negativo, toda vez que la empatía, el autocontrol y el sentido moral, posibilitados por nuestra condición animal y fuertemente enraizados en nuestra especie, podrían favorecer el declive de las tendencias autodestructivas. Su optimismo debe ser tomado con cautela, puesto que estamos ante un cambio de civilización y el modo de hacer y pensar la ciencia requiere transformaciones profundas. El fin anticipado por Horgan podría no ser el de la ciencia como tal, sino el de la ciencia que ha imperado, respaldada por una metafísica mecanicista y determinista y avalada por un espíritu utilitarista.

Ante este panorama sombrío, Prigogine y Stengers (1997) subrayan que la ciencia es incapaz de proporcionar certezas sobre el futuro. Aunque recomiendan contrarrestar el determinismo clásico con el reconocimiento del azar en el mundo

natural y social, igualmente alertan en contra de su absolutización: si prevalece, toda posibilidad de sentido se esfumaría. En consecuencia, con ánimo positivo proponen una nueva alianza del hombre con la naturaleza que permita construir otras utopías, teniendo en cuenta que ella nunca dejará de sorprendernos y de ofrecer posibilidades imprevistas. Las crisis se convierten en oportunidades para desarrollar un potencial que despeje nuevos horizontes a la humanidad y a la vida en su diversidad. El tiempo podría ser la fuente de un potencial creativo, inagotable e impredecible.

Pero para Julian Barbour (2001), el optimismo fundado en la creatividad del tiempo es insustentable e indemostrable, toda vez que cuestiona la noción de *tiempo* limitándolo, al modo de Einstein, a una ilusión humana en un cosmos determinista. Menciono esto solamente para señalar cómo la cosmovisión imperante parece desmoronarse, puesto que las ideas de progreso y evolución que caracterizan a la ciencia moderna suponen la realidad de una flecha del tiempo que va del pasado al futuro. Aunque Prigogine y Barbour tienen posiciones opuestas sobre el tiempo –creativo para el primero, inexistente para el segundo–, ambos reclaman la urgencia de construir imaginarios diferentes para la naturaleza.

Igualmente, los debates contemporáneos de la filosofía de la biología ya no se limitan a la justificación lógica de proposiciones dentro de los esquemas definidos por la biología molecular y el neodarwinismo, sino que van más allá y sugieren síntesis conceptuales de mayor alcance. Tal es el caso de los debates sobre el papel de la autoorganización, en contraposición a la selección natural, como factor responsable del orden biológico. Por otra parte, los debates entre corrientes lamarckistas y darwinianas involucran presupuestos que hacen parte de las concepciones del mundo subyacentes a cada teoría. La búsqueda de una nueva síntesis expandida, como la pregonada por Massimo Pigliucci y Gerd Müller (2010), no puede avanzar sin antes revisar algunos presupuestos de la concepción hegemónica sustentada en el mecanicismo y en la perspectiva estadística, a la cual el neodarwinismo se acomodó dejando de lado el enfoque organísmico para concentrarse en los genes.

La misma concepción de gen, en torno a la cual giró toda la biología a lo largo del siglo xx, ha sido revisada para proponer nuevos modelos con el fin de entender la codificación de la información biológica y su modo de expresarse en función de factores o señales informativas procedentes del medioambiente (Forsdyke, 2009;



Scherrer y Jost, 2007). La frontera entre lo inorgánico y lo orgánico, explorada por la geoquímica de las fuentes termales submarinas, presenta patrones comunes con el metabolismo anaerobio primitivo y las reacciones de fijación del carbono en la síntesis de la materia orgánica (Lane, 2015). Además, abundan ejemplos de cómo los cosmólogos y físicos piden prestados conceptos de la biología para dar sentido a sus esquemas de interpretación del mundo físico. Lee Smolin (1992, 2008) postula una selección natural cósmica que favorece la sobrevivencia de los universos que contienen más agujeros negros, y Wojciech Zurek (2009) plantea un darwinismo cuántico. Los debates contemporáneos invitan a asumir una vitalidad inherente a los procesos cosmológicos, además de una subjetividad intrínseca a los seres vivos que da cuenta de su papel constructivo en la evolución.

Como expresión de la crisis cultural contemporánea, en las últimas décadas ha cundido el escepticismo con respecto a las posibilidades de formular un esquema conceptual integrador de las ciencias y del conocimiento, y se ha abusado del relativismo epistémico o el “todo vale” (*anything goes*) de Paul Feyerabend (1975). Esto ha desestimulado la indagación de principios generales, tales como la información.

Además, dentro de la ciencia institucional se evita tender puentes interdisciplinarios como vía hacia posibles síntesis conceptuales, alegando que la validez de las teorías debe examinarse dentro de condiciones muy determinadas. Cada ciencia genera un lenguaje específico en el que los términos adquieren significado los unos en relación con los otros, funcionando como un sistema cerrado en el que reglas, axiomas e inferencias están regulados por una semántica adecuada a cada una de las disciplinas y subdisciplinas en que se dividen. Así, la filosofía de cada una de las ciencias circunscribió por su lado su accionar a la justificación lógica de las proposiciones verdaderas. La vieja aspiración a una reflexión sobre la naturaleza se relegó a un segundo plano, así como el esbozo de cualquier mapa conceptual más allá de las disciplinas específicas. Urge que los filósofos y científicos promuevan diálogos entre las diversas ciencias, y entre ellas y las culturas no científicas, para poner de relieve aspiraciones comunes.

Por esta razón, no es suficiente con discutir los efectos no deseables y perjudiciales de la tecnología, como lo demuestran los debates sobre los pesticidas, la industria farmacéutica, la contaminación ambiental, el cambio climático, la prolife-

ración de armas de destrucción masiva, los organismos genéticamente modificados y la medicalización de procesos fisiológicos normales, entre muchas otras anomalías, es decir, la cooptación de la ciencia y sus productos tecnológicos por el poder hegemónico corporativo, financiero y militar en la escala global. Para imaginar un futuro viable, nuestra sociedad debe apoyarse en el potencial constructivo del conocimiento y la tecnología; por ejemplo, las investigaciones sobre el diseño y uso de fuentes de energía limpias, renovables y accesibles a las comunidades más alejadas de los centros de poder, o sobre la reconversión de la tecnología hacia modelos bioinspirados en los cuales el desecho no reciclable se minimice al máximo.

Más que pensar en una ciencia intrínsecamente malévol o, por el contrario, mesiánica, se requiere una concepción del mundo que inspire la toma de decisiones de modo que refleje el interés colectivo de comunidades específicas, con su diversidad cultural y étnica, orientada a la búsqueda de tecnologías que favorezcan la proliferación de la diversidad de las formas de vida en el planeta en el corto y el mediano plazos, y no a los miopes intereses de algunos consorcios transnacionales. Es decir, la agenda de la ciencia no puede estar supeditada al interés de las grandes corporaciones, sino que debe surgir en diálogo permanente con otros agentes, incluyendo el público en general, no necesariamente de expertos, pero sí de usuarios en cuanto beneficiarios potenciales, para investigar no solo lo que es posible y realizable, sino lo que es de veras más conveniente para el bienestar de las comunidades locales a partir de una visión global.

Se acepta sin mayor discusión que gracias a la ciencia moderna la humanidad ha avanzado en el respeto formal a los derechos fundamentales y que, aunque sus beneficios se hayan circunscrito a ciertos sectores sociales en periodos muy recientes de la historia, la ciencia todavía podría cumplir las promesas anunciadas por Francis Bacon en *La nueva Atlántida*. Otros siguen presentándola como la única fuerza capaz de imponerse a los absolutismos teocráticos. Pero el indudable papel positivo jugado por la ciencia desde el siglo XVI no debe llevarnos a exagerar su contribución; algunas de las nociones pretendidamente validadas por ella han sido tomadas sin la suficiente crítica, haciéndonos caer de regreso en una cosmovisión estática y conservadora que reviste la forma de un materialismo superficial, en lo ontológico, y un realismo acrítico, en lo epistémico.

Se ha difundido la creencia de que la ciencia está en vías de revelar las claves de la vida, la mente y la consciencia, al considerarlas propiedades emergentes de la materia. Pero, paradójicamente, la noción de *materia* se ha hecho más problemática. Mientras que unos la conciben como corpúsculos indivisibles constitutivos de todo lo existente, de acuerdo con el mecanicismo de los siglos XVIII y XIX, otros la identifican con una energía difusa capaz de generar cualquier cosa, sin olvidar que hoy la mayor parte de la materia del universo nos es prácticamente desconocida. Por tanto, debe ser bienvenida una discusión renovada sobre las relaciones entre energía, materia, vida y mente, sustentada en la física cuántica relativista y la termodinámica, por un lado, y en la biología evolutiva y del desarrollo, por el otro.

No obstante, en el medio académico ha ganado terreno la tesis de que el cometido principal de la ciencia consiste en el desarrollo y la aplicación tecnológica, no importa si estos suscitan o despiertan dinámicas que escapan a nuestro control. La reflexión filosófica es mirada con cierta sospecha. Se ha difundido en el público la idea de que la filosofía es una especulación interesante pero infructuosa que nos puede retrasar en la búsqueda de las soluciones tecnológicas que resolverían los problemas más apremiantes que agobian a la humanidad.

Esta postura, preponderante en nuestras universidades, supone que los grandes problemas sociales y ambientales requieren prioritariamente soluciones tecnológicas, lo que deja intacto el orden social existente y ubica en segundo lugar la discusión sobre modos de pensamiento y acción que contribuyan a generar un ambiente favorable a una reconversión de la tecnología y una reorganización de la sociedad y la economía inspiradas en la biología. También hemos sido testigos de posiciones extremas avaladas por gobiernos que consideran que la enseñanza de la filosofía es superflua y debe ser erradicada de los currículos escolares. Pero si los jóvenes no se forman en la crítica razonable y constructiva que la reflexión filosófica promueve, tendremos pocos espacios para educar individuos que vean los grandes desafíos del momento, más allá de las presiones laborales.

Por otra parte, hoy la discusión no se da entre progresistas defensores de la ciencia –supuestamente materialistas y ateos– y creyentes conservadores de distintas religiones –aparentemente enemigos de la ciencia–, sino entre cosmovisiones que apuntalan el orden social existente y cosmovisiones biocéntricas preocupadas

por la sobrevivencia y viabilidad de la vida en nuestro planeta. En las filas de ateos y creyentes se encuentran defensores de la vida, el conocimiento y las grandes transformaciones sociales, como lo propone el papa Francisco; de igual manera, estos tienen detractores entre las Iglesias cristianas fundamentalistas. Por otra parte, en el medio científico hay tomadores de decisiones e investigadores muy conservadores, defensores del *statu quo* y de una perspectiva neoliberal y capitalista de la sociedad, que ven la ciencia como un factor efectivo de dominación y control. A pesar de los notables éxitos alcanzados por la Revolución científica, la visión que le sirvió de sustento se ha convertido en impedimento para resolver los apremiantes problemas del presente. Así como el mundo ha dejado de ser concebido como un mecanismo, la evolución de la vida ya no es vista como un mero resultado darwiniano del azar y la selección natural. La complejidad del mundo nos habla de una naturaleza interconectada, en la cual ya no hay distinciones de sustancia entre sujetos y objetos, y donde la dinámica de los procesos permite inferir la historicidad de las leyes naturales y los límites del determinismo.

Por todas estas razones, defiendo aquí la necesidad de una reflexión sobre la naturaleza, nosotros incluidos, dirigida no solo a los practicantes de la ciencia y los usuarios de sus ofertas tecnológicas, sino a todos los que buscan un marco general de inteligibilidad en el contexto abrumador de los flujos de información que desde todos los flancos nos bombardean permanentemente. Se trata de una filosofía de la naturaleza que permita intuir un sentido sobre nuestra condición como pasajeros de un minúsculo cuerpo celeste en la impresionante inmensidad del universo, o como nodos en la inmensa red de relaciones que conectan el tejido de la vida y el de la sociedad. Una visión de la naturaleza centrada en una perspectiva informacional, como garantía de superación de los dualismos de sustancia entre mente y materia que hemos heredado del mecanicismo, permitiría reconciliar la vida con el universo que la hizo posible. Utilizo el término *naturaleza* en sentido negativo para enfatizar mi rechazo a cualquier tipo de posición fundada en agencias sobrenaturales, y en sentido positivo como acercamiento a un neovitalismo o pansiquismo compatible con la idea de un universo que procesa información de un modo semejante a los sistemas vivos.

Propongo que un esclarecimiento de la noción de *información* a partir de su uso aceptado en las ciencias físicas y biológicas sirve como fundamento a una renovada filosofía de la naturaleza. En esta propuesta, la información debe ser entendida no solo como un modelo epistémico computacional basado en la recolección de miles de billones de datos que han de ser procesados para decidir las acciones por implementar, sino sobre todo como una realidad ontológica que destaca los procesos e interacciones que dan forma al mundo existente a partir de estados indiferenciados dinámicos y tensos de alto contenido energético.

También propongo que en el presente cambio de época es indispensable cuestionar la metafísica que da sustento a la tradición científica hegemónica y reelaborar una alternativa. La metafísica (del griego *μετὰ τὰ φυσικά*, “más allá de la naturaleza”) es entendida como la rama de la filosofía que se preocupa por conocer los principios de organización del mundo existente. Por supuesto que estos principios generales deben ser inferidos teniendo en cuenta lo que la ciencia ha develado sobre la energía, la materia, la vida y la mente. En particular, me referiré a la metafísica entendida como sistema de ideas o marcos generales de interpretación de los cuales se derivan imágenes, hipótesis, teorías, metodologías, prácticas y actitudes que llevan implícito un acuerdo acerca de los principios generales que sustentan la visión del mundo compartida por la comunidad científica.

Trataré de mostrar algunos caminos que parecen converger en una renovación de la metafísica que sirva de pauta general para la construcción de un sistema conceptual pluralista y sintético, armónico y conflictivo, divergente y convergente. Esta búsqueda tiene validez en cuanto la naturaleza se rige por principios generales no rigurosamente deterministas en sentido clásico, y la indeterminación va asociada a creatividad, emergencia, autoorganización, saltos evolutivos, etc. La tensión entre determinismo y azar debe ser abordada desde una perspectiva informacional. La determinación causal es necesaria cuando tratamos con instancias delimitadas por las condiciones específicas de los experimentos controlados, pero la extrapolación apresurada de los resultados experimentales al mundo real puede ser problemática.

Al tiempo que confiamos ciegamente en el potencial creativo y transformador de las tecnologías de la información, carecemos de una visión del mundo en la

cual la información, la energía, la materia, la vida y las operaciones mentales puedan ser consideradas modos de operar de un mismo proceso cósmico. No contamos con una perspectiva que permita superar la oposición entre materia y mente para concebir a los seres vivos como generadores de estrategias de vida que inciden en la modificación de morfologías, conductas, hábitos y uso de instrumentos con miras a la consecución de fines necesarios para la sobrevivencia. De igual manera, el cisma entre materia y mente nos ha impedido ver la naturalidad de la tecnología en general, y más específicamente de la vida y la inteligencia “artificiales”, que anuncian para un futuro inmediato una simbiosis entre lo orgánico y los microdispositivos electrónicos.

Así, la implementación de propuestas tecnológicas y su potencial transformador no se han correspondido con una representación adecuada de sus usuarios ni del mundo sobre el cual operan, puesto que la cosmovisión hegemónica está presa de sesgos y equivocaciones heredados del siglo XVII. Por ejemplo, la búsqueda de la objetividad, al estar afianzada en el dualismo cartesiano entre mente y materia, contribuyó de hecho a separarnos de los ámbitos de lo subjetivo y lo mental, limitándonos al estudio de un mundo de objetos localizados en un espacio-tiempo preexistente, separado e inafectado por la presencia de otros.

La actividad mental quedó reservada con exclusividad a los observadores humanos. Así circunscrita, esta actividad deja de lado a todas las formas de vida que pululan en el planeta, vistas como simples artefactos mecánicos generados al azar, seleccionados ciegamente y, por tanto, desprovistos de sensibilidad, mente y consciencia. La urgencia de una reflexión sobre la metafísica de la ciencia moderna se comprende mejor cuando tratamos de entender el lugar de la vida, la mente y la subjetividad en la naturaleza. Todavía no hemos respondido a la inquietud sobre si la vida es un producto derivado al azar y, por ende, extremadamente improbable, o si es, por el contrario, un producto espontáneo, altamente probable, en conformidad con principios generales y universales que regulan el universo desde su más remoto comienzo, o quizás desde siempre.

La comunidad científica debe tomar la iniciativa en la construcción de una cosmovisión que permita reexaminar críticamente las preguntas tradicionales de la filosofía de la naturaleza sobre los orígenes del universo y de la vida; sobre lo que

entendemos por energía, materia, vida y mente y las fronteras entre ellas; sobre las relaciones causales, el determinismo, el azar, la contingencia histórica, el cambio, los niveles de organización y la transformación. Una cosmovisión renovada para la construcción de una civilización no patriarcal, no capitalista, posindustrial, plural y diversa en lo étnico, además de multicultural, basada en una diversidad de fuentes de energía limpias y renovables. Una cosmovisión que permita establecer un diálogo renovado y crítico entre el humanismo ateo y las religiones, incluyendo el panteísmo naturalista inspirado en Baruch Spinoza y compartido en algunos aspectos por Gottfried Leibniz.

Así mismo, la pregunta sobre la esencia de lo humano debe replantearse dentro de una perspectiva que restablezca nuestro vínculo con lo animal, por un lado, y con lo cultural, por el otro, de modo que permita avizorar un futuro donde naturaleza y cultura se fundan abriendo derroteros a los descendientes de nuestra especie en ambientes recreados por la nanotecnología biomolecular, la convivencia mutualista con otras especies, la simbiosis con dispositivos electrónicos, las energías renovables y las tecnologías informáticas, con sus promesas de mundos virtuales y mecanismos de autorregulación participativa y descentralizada en los ámbitos planetario, social y cultural.

Para ello, es imperativo que la filosofía desborde las fronteras de las disciplinas tradicionales y establezca puentes entre ellas, dando un paso más allá de las discusiones epistemológicas sobre cómo conocemos y validamos el conocimiento científico, para pasar a la definición de compromisos ontológicos. En este sentido, corresponde a la filosofía pensar el universo en cuanto tal, abordar una *filosofía primera*, como intentó Aristóteles, y proponer una metafísica, preocupación que guiaba a los filósofos griegos, a los gestores de la Revolución científica –René Descartes, Gottfried Leibniz, Isaac Newton e Immanuel Kant, entre muchos otros– y a no pocos científicos del siglo xx –Niels Bohr, Erwin Schrödinger, Louis de Broglie, David Bohm, Albert Einstein, Carl Woese, Jesper Hoffmeyer y Stuart Kauffman, por citar algunos–. Estos últimos, inspirados en filósofos como Friedrich Schelling, Georg Wilhelm Friedrich Hegel, Charles S. Peirce, Alfred N. Whitehead y Henri Bergson, cuyas cosmovisiones y metafísicas evolutivas, más adecuadas para el mundo contemporáneo, son prácticamente desconocidas por los practicantes de la

ciencia y la filosofía, y totalmente ignoradas por el público educado y los usuarios de productos tecnológicos.

La filosofía natural de los siglos XVII y XVIII constituyó un cuerpo heterogéneo de conocimientos que aspiraba a una síntesis y se convirtió en punto de partida para la diferenciación de las ciencias. Pero en el transcurso de los últimos siglos la ciencia se ha fragmentado en una gran diversidad de disciplinas y subdisciplinas, algunas de las cuales se funden para volver a divergir. El estudio de los marcos comunes de interpretación en muchas de ellas es una tarea que les queda a los filósofos de la naturaleza, puesto que los científicos hablan lenguajes especializados diferentes y se dedican a prácticas tan diversas y delimitadas que difícilmente se comunican entre ellos.

Dentro de un campo disciplinar, cuando una teoría no funciona se la protege con hipótesis complementarias o simplemente se la deja de lado, con tal de avanzar con un proyecto determinado de investigación dentro del cronograma acordado. La ciencia ideologizada se ha presentado como poseedora de una verdad que no logra explicitar, a pesar de que se acumulan evidencias empíricas y modelos cuantitativos que funcionan bastante bien dentro de condiciones delimitadas por el experimento o la situación específica de observación, lo que hace difíciles su generalización y su aplicación a las condiciones del mundo real en que vivimos. La tecnología ha transformado radicalmente el modo de vida de la civilización en pocas décadas y tiene el potencial de seguir haciéndolo en direcciones impredecibles en un futuro inmediato.

Pero el cientifismo, que preconiza la superioridad de la ciencia sobre cualquier otra forma de comprensión de la realidad debido a los beneficios prácticos que conlleva, ha levantado una barrera infranqueable entre verdades fácticas y valores éticos y estéticos. Jacques Monod (1970) proclamó que lo único que puede hacer la ciencia es generar conocimiento objetivo, sin sentido para un ser humano sordo y ciego a los clamores del universo. Idea reforzada por Steven Weinberg (1993), quien señaló que entre más comprendemos el universo, más inútil y carente de sentido se nos revela, considerando que somos el resultado de una cadena



de eventos accidentales y azarosos en un universo sobrecogedoramente hostil a nuestra condición.<sup>1</sup>

La filosofía de la naturaleza debería liderar un reencuentro entre las ciencias y las diferentes corrientes de pensamiento para ofrecer imaginarios que contribuyan a apuntalar una cosmovisión centrada en el devenir de la vida y lo humano acorde con un orden biosocial incluyente, cooperativo y solidario, comprometido con la recreación del entorno vital y la potenciación de la vida en todas las escalas de espacio y tiempo en que se manifiesta. Una nueva cosmovisión que, en su heterogeneidad y pluralidad de enfoques, contribuya a vislumbrar un sentido de la existencia enraizado tanto en nuestra animalidad como en nuestra condición social y cultural, para así poder valorar las posibilidades de transformación realmente existentes y asequibles.

Una de las contribuciones más urgentes que puede hacer la filosofía es la de llevarnos a reflexionar sobre algunos presupuestos que se asumen como conclusiones científicas ya resueltas, y que han pasado a formar parte del credo oficial y racionalista que deberíamos impulsar, pero que como espada de doble filo nos desliza hacia un oscurantismo de nuevo tipo. Este prospera mediante el control restrictivo de las fuentes de información y de un sistema educativo que se propone como fin prioritario la capacitación de la juventud en habilidades específicas, más que la promoción de ciudadanos pensantes, críticos y emprendedores creativos con sentido ecológico y social de realización como personas y, al mismo tiempo, como miembros de comunidades locales y globales. La educación ha tenido como propósito apuntalar creencias, modos de pensamiento y prácticas metodológicas que

---

<sup>1</sup> “It is almost irresistible for humans to believe that we have some special relation to the universe, that human life is not just a more-or-less farcical outcome of a chain of accidents reaching back to the first three minutes, but that we were somehow built in from the beginning. ... It is hard to realize that this all [i.e., life on Earth] is just a tiny part of an overwhelmingly hostile universe. It is even harder to realize that this present universe has evolved from an unspeakably unfamiliar early condition, and faces a future extinction of endless cold or intolerable heat. The more the universe seems comprehensible, the more it also seems pointless” (Weinberg, 1993, p. 149).

funcionaron a lo largo de la Revolución científica y alentaron el avance de la ciencia, pero que lamentablemente, al asumirlos sin cuestionamiento, se convierten en impedimento para responder a las exigencias del presente.

Quiero referirme a las creencias que asumimos sobre la naturaleza de la realidad y que aceptamos en nuestra condición de herederos de una tradición que históricamente las ha avalado. Prejuicios que, aunque han sido cuestionados *in extenso* por los filósofos, siguen haciendo parte de las concepciones de la gran mayoría de los científicos, estudiantes y practicantes de la ciencia, de quienes cuentan con una formación escolar de nivel medio, y del público en general influenciado por el cientifismo ideologizado. A lo largo del libro, me referiré a dos grandes prejuicios: en lo ontológico, el materialismo clásico o superficial y el antifinalismo a ultranza, y en lo epistemológico, un realismo acrítico, los cuales podrían ser superados por una perspectiva procesual centrada en las transacciones informacionales.



# Introducción

La ciencia moderna se constituyó con la adopción por los seguidores de Descartes y Newton, en lo fundamental, de una serie de postulados que se convirtieron en puntos de partida prácticamente incuestionables y asumidos en mayor o menor grado por toda la tradición científica subsiguiente hasta bien entrado el siglo xx. Articulados entre sí, estos puntos configuran lo que conocemos como la visión mecánica de la naturaleza, o mecanicismo.

En particular me referiré a los siguientes: (1) la existencia de un nivel básico dado por componentes fundamentales de materia, concebidos como partículas indivisibles e inmutables; (2) la existencia de un espacio absoluto contenedor de dichas partículas; (3) la existencia de un tiempo lineal que fluye del pasado hacia el futuro; (4) la creencia en que los seres organizados se pueden separar, descomponer y reconstruir a partir de sus partes constitutivas –metodológicamente, el análisis de las partes por separado sería la mejor vía para entender las propiedades de los sistemas en estudio; por ejemplo, los organismos vivos deberían ser explicados en términos de macromoléculas–; (5) la existencia de leyes invariantes que rigen las correlaciones deterministas entre una causa antecedente y un efecto consecuente; (6) la identificación de la realidad con los parámetros cuantitativos, físicamente estimables; y (7) la ausencia de sentimientos, inteligencia, propósitos o finalidades en las operaciones de la naturaleza. Los seres vivos poseedores de estas características serían el resultado de procesos emergentes generados al azar y seleccionados por su funcionalidad en las condiciones de un medioambiente específico.

Estos presupuestos se asumen gratuitamente y sin mayor discusión en la práctica científica corriente, aunque no todos los científicos los comparten en su totalidad, a la vez que coexisten distintos matices interpretativos que los filósofos de la ciencia no dejan de discutir, bien sea para reafirmarlos o para rechazarlos. De estos prejuicios, el que más se discute en foros de diversa índole es el antifinalismo en las operaciones de la naturaleza; se lo repite asociado a la sobreestimación del azar, como justificación de un materialismo heredero en lo fundamental del atomismo de Leucipo y Demócrito, aunque modificado por el mecanicismo de los siglos XVIII y XIX.

De acuerdo con este prejuicio, la naturaleza y los seres que surgen en su seno actúan ciegamente; en otras palabras, no ejecutan acciones intencionales

orientadas a algún fin específico. Otra manera de expresar este prejuicio consiste en sostener que la vida y la mente son epifenómenos derivados de una realidad fundamental que encuentra su sustrato más profundo en partículas elementales que se mueven y chocan al azar para generar, con una probabilidad extremadamente baja –cerca a cero–, sistemas organizados muy complejos. De esta tesis se sigue que la actividad mental depende de la cerebral, la cual emergió tarde en la evolución y se reduce a complejos patrones físico-químicos presentes en los sistemas neuronales. En consecuencia, bacterias, plantas, hongos, protozoos y la gran mayoría de los animales no conocen. La actividad mental es epifenoménica y, por tanto, no puede influir causalmente en la evolución.

Estos principios generales aceptados de forma implícita por los científicos se siguen utilizando para justificar un naturalismo materialista, señalando acertadamente que la ciencia debe renunciar a explicaciones basadas en fuerzas, poderes o propósitos sobrenaturales. En la época contemporánea, sin embargo, podría vérselos como manifestación de un naturalismo muy pobre, porque a pesar de estar anclados en nociones de la física clásica no tienen en cuenta el aporte de la termodinámica de sistemas lejos del equilibrio, ni contemplan nociones derivadas de la mecánica cuántica, como *entrelazamiento*, *coherencia* o *superposición*. Además, este punto de vista desconoce la lógica de los procesos de desarrollo y los comportamientos de los organismos que elaboran sofisticadas estrategias de sobrevivencia.

En este sentido, el materialismo debe ser enriquecido aprovechando el aporte de la física contemporánea. La filosofía de la biología institucional se mueve dentro de esta visión y cae en el error de considerar como sobrenaturales fenómenos que la física no ha podido explicar todavía, como los relativos a la mente, las cualidades fenoménicas de la experiencia, la subjetividad y la elección libre. Por ello, el sentimiento intrínseco a toda vida y su pulsión a mantenerse, propagarse y modificarse son considerados especulaciones metafísicas.

Se debe propugnar un naturalismo que dé reconocimiento ontológico a los estados mentales e intencionales (De Caro y Voltolini, 2010; McDowell, 1994), de modo semejante a cuando Aristóteles reclamaba para los organismos una inteligencia práctica asociada a una actividad interior intrínseca. Estos problemas, como veremos en detalle, no fueron ajenos a las discusiones de Gottfried Leibniz ni a las

de Immanuel Kant, y se convirtieron en el foco de las investigaciones posteriores de Jakob von Uexküll, uno de los precursores de las ciencias del comportamiento animal; de las teorías neurales de la percepción sensorial; y en lo filosófico, de formulaciones recogidas por Ludwig von Bertalanffy en la teoría general de sistemas. Recientemente, autores como Adolf Portmann (1990) han concebido el conjunto de comportamientos característicos de un animal como una expresión externa de su experiencia, es decir, de la riqueza de su mundo interior. No obstante, en el materialismo superficial no hay cabida a la idea de la unidad del ser vivo con su entorno, puesto que tal unidad está asociada a la dinámica orientada a obtener ciertos tipos de estados finales más estables. Esta renovación de la teleología alejada del determinismo supone que los seres organizados poseen algún grado de memoria y capacidad de anticipación de eventos futuros, de modo que logran coordinar diversos procesos, generando condiciones para la transformación de otros seres en escala ecosistémica.

De esta forma podemos entender que el prejuicio materialista se queda corto para explicar el crecimiento de la interioridad, expresada en los incrementos de la complejidad en la evolución. Se sigue pensando que las cualidades fenoménicas, como las experiencias de alegría, hambre, belleza, miedo, simpatía y antipatía, se derivan de procesos físico-químicos; en consecuencia, no tendría sentido recurrir a factores mentales para explicar el esfuerzo de los organismos por alimentarse, procrear, desplazarse, etc. Una cosa es que en efecto estas experiencias se correlacionen con factores físico-químicos, y otra muy diferente, que sean efectos resultantes propiciados por tales agencias. No obstante, aceptar que las habilidades cognitivas fueron seleccionadas a lo largo de la evolución por contribuir a la sobrevivencia sugiere que son indispensables a la vida misma. Sin embargo, ni la vida ni la mente aparecen como características inherentes a ese sustrato material y, por tanto, se las intenta explicar como propiedades emergentes, en oposición a otras versiones materialistas que han reconocido un tipo de teleología intrínseca a la naturaleza, como el hilezoísmo de los jonios, el hilemorfismo de Aristóteles y el materialismo “mentalista” de Anaxágoras, los cuales explicaré más adelante. Esta clase de concepciones teleológicas no deberían ser rechazadas, sino reemplazadas por otras más afines a la ciencia contemporánea.

En los tiempos modernos, la filosofía natural alemana de los siglos XVIII y XIX dio lugar al materialismo dialéctico, que fue descalificado por criticar ácidamente las insuficiencias del materialismo mecanicista, por un lado, y del idealismo trascendental, por otro. Esto impidió el avance hacia un tipo de monismo neutral que fuera más allá del materialismo y el idealismo del siglo XIX. No obstante, en la primera mitad del siglo XX autores como Ervin Bauer, en Hungría, y Lancelot Whyte, en Inglaterra, postularon la existencia de principios generales fundados en conceptos teleológicos derivados de la termodinámica de sistemas abiertos y que se identifican con una tendencia formativa de la cual se desprenden, como casos específicos, las leyes físicas mecánicas. Estos autores, entre muchos otros, siguen pasando inadvertidos para quienes desde los comités editoriales de revistas científicas y las oficinas de financiación de proyectos de investigación controlan y orientan el modo de pensar de la comunidad académica.

En biología, el rechazo al finalismo generó muchas molestias ante el acopio de ejemplos de la vida animal y vegetal que sugieren la intencionalidad como una característica irreductible de toda actividad biológica. Si no entendemos a los seres vivos como totalidades organizadas en las que se integran diversos procesos y entidades constitutivas, se hace imposible explicar racionalmente la creciente acumulación de datos experimentales (Bertalanffy, 1968). Cuando tratamos los fenómenos fisiológicos como acontecimientos separados llegamos a un caos conceptual, pero cuando nos esforzamos en comprenderlos en tanto manifestaciones de la vida consideradas como una totalidad adquieren sentido, haciéndose inteligibles y, en alguna medida, previsibles (Russell, 1948, pp. 24-25). El organismo es una organización funcional que actúa armónicamente. Su actividad dirigida a fines se da en función de la autoconservación, la reproducción y el desarrollo de su ciclo vital. La adaptación integral a su ambiente es resultado de un esfuerzo por persistir en su propio ser y en realizar o alcanzar su realización o actualización completa.

En el siglo XX este prejuicio materialista antifinalista se renovó y se convirtió en el programa ontológico del neodarwinismo, que hace depender la evolución de la mutación azarosa de los genes, entendidos como las unidades fundamentales de la materia viviente. Estos se difunden en las poblaciones provocando en la estructura genética de los organismos cambios sutiles que determinan cambios fenotípi-



cos, los cuales son seleccionados en la lucha y competencia por los recursos: son retenidos los más adaptados en las condiciones locales de un medioambiente determinado. De acuerdo con esta tesis, la vida como dinámica creativa intrínseca a la naturaleza no existe, a no ser que se la considere un epifenómeno cualitativamente diferente que surgió por azar de la materia inerte.

La postura antifinalista se afianzó en las décadas de los sesenta, setenta y ochenta a consecuencia de la presentación del modelo de la doble hélice del ADN, del desciframiento del código genético y del mecanismo de síntesis de proteínas, que fueron utilizados para minarle el piso a la perspectiva centrada en los organismos. Con la aparición de la biología molecular se creyó que se había develado en lo fundamental el mecanismo que determina a los seres vivos; los aspectos de la ciencia que sugerían una visión sistémica y finalista fueron considerados un indicio de la naturaleza real de los fenómenos biológicos. Más aún, de acuerdo con Monod, la objetividad de la ciencia parte de desechar todo tipo de perspectiva finalista.

Por esta razón, no es extraño constatar que los defensores de la visión mecánica aceptan un azar casi absoluto en los niveles microscópicos de la materia, mientras que restringen el determinismo al mundo macroscópico. La difícil relación entre los niveles macroscópicos y microscópicos en los seres vivos se creyó resuelta con el descubrimiento del ADN y su interpretación como registro de información. La información genética prescribiría de antemano una multitudinaria serie de relaciones causales evidenciables en el nivel macroscópico, que se manifiesta mediante la ejecución de un programa teleonómico, generado al azar y retenido por selección natural. Por otro lado, la relación entre el azar en el nivel de lo microscópico y el determinismo en el de lo macroscópico fue resuelta en parte por la termodinámica estadística, al establecer que lo macro puede explicarse como un promedio estadístico de las microconfiguraciones azarosas en condiciones de frontera definidas y constantes. Entonces surgió el problema de entender cómo se generan y cómo actúan dichas condiciones de frontera. Así, el mundo macroscópico se concibe como una población de comportamientos tratables como promedios estadísticos, producto de correlaciones causales muy finas definidas al azar en el nivel microscópico molecular.

Estas posturas antagónicas entre el azar en el nivel microscópico y el determinismo en el macroscópico están cimentadas en el desconocimiento de jerarquías

con niveles intermedios mesoscópicos (natural y subjetivo) que equivaldrían a la sede de la acción vital o mental propiamente dicha, lo cual permitiría aceptar grados de azar o necesidad tanto en los niveles micro como en los niveles macro. Es decir, parece que estamos poco dispuestos a postular opciones intermedias: el azar sería el único recurso para explicar la emergencia de sistemas organizados, y el determinismo causal, la única solución para entender las relaciones entre ellos. Veremos que una noción ampliada de *información* aborda este problema permitiendo entender las correlaciones entre la información digital codificada, la información como proceso ontogenético y la información como estructura macroscópica estabilizada.

Olvidamos que el darwinismo no es la única teoría científica de la evolución, sino que el lamarckismo y las perspectivas epigenéticas han sido competidores fuertes a lo largo de la historia; además, propuestas teóricas fundadas en la simbiosis intra- y extracelular, la transferencia genética lateral, el mutualismo y los saltos evolutivos han ganado amplia aceptación en los últimos años. Sostener que el primitivo caos generativo corresponde a un potencial informativo preexistente, más que a una aleatoriedad abstracta y absoluta, contribuiría a la renovación de las cosmovisiones hoy imperantes. La existencia de un orden latente previo como presupuesto necesario, aunque no suficiente, de toda organización invita a replantear la discusión sobre lo que entendemos por vida y materia, y las relaciones entre ellas.

Este prejuicio antifinalista y antimentalista se fue extendiendo durante la Revolución científica, transformando la imagen griega de la naturaleza como una madre fecunda y sabia en la de una máquina que ejecuta operaciones previamente planeadas por su hacedor, un omnisciente ingeniero inteligente. La imagen de Dios, concebido como la inteligencia absoluta sobrenatural, se convirtió en la estrategia para sustraerle a la naturaleza su propia y multifacética vitalidad e inteligencia. En consecuencia, se generó un prejuicio que impide aceptar la existencia de facultades genuinamente mentales y emocionales en los animales, como reclama Donald Griffin (1992), y en las plantas, como lo hacen Maurice Maeterlinck (1907) y Anthony Trewavas (1999), entre otros. No obstante, lo mental no depende exclusivamente de una compleja organización neurocerebral, es decir, la ausencia de neocórtex no impide que un organismo experimente estados afectivos. Es interesante constatar que una amplia diversidad de animales, entre ellos mamíferos, aves (Acherman,

2016) y pulpos (Godfrey-Smith, 2016), poseen los sustratos neuroquímicos característicos de los estados conscientes y los comportamientos intencionales.<sup>2</sup>

Es decir, la cultura científica no ha puesto atención a la idea de que la vida y la mente sean manifestaciones de un mismo proceso y, por tanto, puedan equipararse la una a la otra. Menos aún, que desde siempre hayan estado latentes o preexistido como potencia. La negación de la vida y la mente como característica general de la naturaleza, y su interpretación como un estado altamente específico e improbable, deben ser revisadas.

Argumentaré a lo largo del libro que, contra el materialismo mecanicista, recobra vigencia un tipo de materialismo más profundo de corte hilozoísta, enmarcado en una interpretación más amplia e integradora de la noción de *información*. También mostraré que algunos aspectos del vitalismo ilustrado de Gottfried Leibniz bien podrían ser retomados y desarrollados a la luz de los aportes más recientes de la ciencia contemporánea y de la filosofía de la naturaleza de Charles S. Peirce.

\*\*\*

Por otra parte, el prejuicio epistémico más fuerte que hemos heredado se denomina “realismo acríptico”, y consiste en aceptar que podemos alcanzar un conocimiento cierto de un mundo externo. Se asume que la participación del sujeto en la generación del conocimiento es despreciable, pues la realidad externa se impone a los sentidos, que, como receptores pasivos, la reflejan con fidelidad. De acuerdo con este criterio, el sujeto no añade nada al objeto, que se revela fielmente a través de los sentidos. Esto olvida que las cualidades como colores, sonidos, sabores y aromas

---

<sup>2</sup> La Declaración de Cambridge sobre la consciencia fue redactada por Philip Low y editada por Jaak Panksepp, Diana Reiss, David Edelman, Bruno van Swinderen, Philip Low y Christof Koch. Fue proclamada públicamente en Cambridge, Reino Unido, el 7 de julio de 2012, durante la conferencia conmemorativa de Francis Crick sobre “La consciencia en animales humanos y no humanos”, y firmada por los participantes en presencia de Stephen Hawking. Véase Low, 2012.

no están en el objeto, sino en la interacción con los órganos sensoriales del sujeto que las percibe. Obviamente, existe el mundo externo a los sujetos, pero no como creemos que existe, sino como estos lo perciben y experimentan.

Desconocer el papel de los sujetos en la objetivación de un conjunto de datos sensoriales ha impedido abordar la subjetividad de un modo naturalista, problema que se complica si caemos en el error de vernos a nosotros mismos como los sujetos exclusivos de la naturaleza. Los organismos también son sujetos, por cuanto su sobrevivencia y adaptación dependen de la correspondencia entre el mundo externo y el mundo percibido; de lo contrario, no seguirían las acciones adecuadas para la defensa contra los predadores, la consecución de alimentos, el acceso a la cópula, la protección, etc.

El realismo acrítico es consecuencia del prejuicio ontológico materialista y antifinalista, y lo refuerza constantemente. El realismo es sano y conveniente, siempre y cuando no se convierta en un impedimento para entender que las cosas que en efecto existen actúan como portadoras de cualidades sensibles y que, por tanto, las representaciones que los sujetos hacen de ellas no son imágenes especulares fieles, sino que se “objetivan” de acuerdo con el sistema perceptual, corporal, sensorial y neurocerebral de los sujetos. Igualmente, es de suma importancia tener en cuenta que la instauración del realismo se constituyó como un paso decisivo hacia la instrumentalización y el control del mundo, que dieron como resultado, para bien y para mal, las hazañas tecnológicas de la civilización occidental.

Durante la evolución animal, la objetivación pasó de ser uno de los mayores factores responsables de la sobrevivencia a convertirse, con los humanos, en un instrumento de control. Pero las cosas se objetivan de acuerdo con un patrón perceptual moldeado evolutivamente, y en los humanos, además, por el lenguaje. De esta manera, la objetivación consolidó la Revolución industrial: para poder manipular la naturaleza, había que considerarla contenedora de objetos que se utilizan para el beneficio de los sujetos que la controlan. El realismo alimenta la sensación de certeza respecto al conocimiento obtenido a partir de observaciones y experimentos en condiciones controladas. Pero este conocimiento no siempre coincide con lo que ocurre en condiciones reales. Es decir, intervenir la naturaleza lleva a que las representaciones que hacemos de ella sean sesgadas, incompletas y equívocas.

El realismo acrítico tiene sus raíces en un antropocentrismo que justifica la dominación e instrumentalización de la naturaleza.

La objetivación derivada del realismo va en contravía de una intuición arraigada sobre la unidad indisoluble del sujeto y el objeto y la transformación del sujeto en objeto y del objeto en sujeto, expresadas alegóricamente como la inseparabilidad entre mente y materia en las distintas versiones de las tradiciones precientíficas. Dicha intuición, rechazada por el espíritu científico, ha resurgido de una u otra forma, como veremos, en distintos momentos del desarrollo de la filosofía de la ciencia, y recientemente ha sido abordada directamente por la física –en lo referente al papel del observador en la medición cuántica–, la termodinámica –en lo que concierne al estudio de sistemas procesadores de información– y las investigaciones sobre el comportamiento animal apoyadas en las neurociencias.

Paradójicamente, Galileo, Descartes y Newton, entre otros, desafiaron el sentido común, tratando de mostrar que detrás del mundo de fenómenos captado por los sentidos existen leyes invariantes que explican matemáticamente las correlaciones entre causas y efectos aplicables a todo tipo de objetos, al margen de sus cualidades sensoriales. Por oposición a este esquema, la idea de que la sensibilidad, las cualidades sensoriales y un tipo de actividad protomental tienen un papel decisivo en el entendimiento de la vida fue discutida en la filosofía natural alemana por autores como Gottfried Leibniz e Immanuel Kant, entre otros, y retomada en el siglo xx por Jakob von Uexküll, quien abrió un programa de investigación sobre la mente animal.

Por ahora me basta con sugerir que el mundo de las percepciones, sensaciones e imágenes mentales construidas por los organismos debe ser abordado como realmente existente. Así mismo, el papel de los seres vivos en la construcción de su entorno circundante debe ser incluido en el marco general interpretativo de la realidad, que nunca es del todo objetiva ni subjetiva. El mundo circundante equivale a la porción del mundo físico que un organismo es capaz de percibir, a la que le otorga significado e incluso puede modificar; una unidad dinámica que, como veremos, depende de la organización interna del sujeto y las decisiones que tome en la interacción entre organismo y ambiente. Por otra parte, no sabemos nada de la realidad de los objetos antes de ser percibidos: lo que sabemos de ellos es real en

cuanto ocurrencia que tiene lugar en su interacción con los órganos de los sentidos de quienes los perciben. Lo que preexiste antes de la interacción con el sujeto no es exactamente lo mismo que el sujeto percibe. Pero algo existe independientemente de un sujeto específico; en este sentido, defiende un realismo interactivo e interpretativo. Por supuesto que cuando el realismo científico postula que las entidades identificadas por la ciencia (partículas, átomos, células, etc.) en efecto existen, tiene gran parte de razón, pero habría que insistir en que existen tal como las hemos definido y detectado. El mundo existente conformado por las entidades descritas por la ciencia obedece a procesos y dinámicas que, aunque no las conocemos como tal, podrían ser reales y cognoscibles de un modo incompleto. Lejos de rechazar todo tipo de realismo científico, se trata de profundizarlo desde una perspectiva procesual en la cual las entidades dejan de ser autocontenidas y pasan a ser entendidas como organizaciones materiales que funcionan entre ciertos umbrales de estabilidad marcados por rangos de espacio, tiempo y temperatura.

Veremos que, según la interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica, las propiedades medibles dependen del observador y de los aparatos de medición utilizados; este hecho ha propiciado un ambiente más favorable para discutir el papel de la mente en el mundo natural, que sería al mismo tiempo objetivo y subjetivo. En contra del realismo acrítico, defenderé como alternativa un realismo enmarcado en una perspectiva informacional, muy semejante al realismo de Peirce, el cual acepta la existencia de un mundo real que se reconstruye permanentemente con base en las imágenes mentales o representaciones que los sujetos elaboran de su mundo real externo. Los objetos de experiencia son susceptibles de múltiples interpretaciones según sean el observador, su instrumento de observación y el contexto histórico y biológico en que se encuentra.

\*\*\*

Al reflexionar sobre una perspectiva informacional, no puedo dejar de contemplar el cuadro titulado por su autor, Maurits Cornelis Escher, *Lazos que unen*, el cual expresa de un modo intuitivo y profundo lo que me propongo desarrollar. En el cuadro se contrastan dos aspectos aparentemente opuestos y contradictorios del cosmos: un

vacío donde flotan cuerpos esféricos, sólidos, rígidos e inmutables, que comparten un espacio abierto, quizás infinito, con superficies continuas como cáscaras de fruta recién peladas que se entrelazan conformando la epidermis de dos caras huecas que no se deciden a establecer un intercambio visual. La permanencia de una materia discreta e inerte parece oponerse a una vida efímera que, como un continuo, se pliega en hélices que se entrelazan en un abrazo. La oscuridad y el silencio del fondo contrastan con la mirada que da luz al espacio y con unos labios que todavía no se atreven a susurrar verbo alguno, pero el antagonismo entre vida y materia se atenúa cuando captamos que ambas parecen provenir del mismo e impenetrable fondo. Materia y vida comparten un sustrato común, acaso incognoscible, convirtiéndose en facetas de una misma realidad. La apuesta central de este libro es proponer una perspectiva de la naturaleza que integre ambos aspectos, centrada en la idea de información. Idea vaga que se va precisando a medida que la ciencia y la sociedad cambian dando lugar a una era informática que, a pesar de ser nueva, pone de manifiesto un proceso de transformación y ajuste que ha ocurrido siempre, por el cual lo continuo se hace discreto y lo discreto genera espacios de actividad continua.

No dejo de relacionar esta imagen con muchas otras del mismo autor, cuyo corazón es la idea de autorreferencia, la cual se evoca en el observador de una galería de pinturas que aparece inserto en el callejón observado, o las manos que dibujan y son dibujadas cada una por la otra. Somos partícipes del mundo que pretendemos observar desde una exterioridad ficticia, representada en otro cuadro en el que un observador sostiene en sus manos una esfera de cristal que refleja su propia cara. Igualmente, resulta inspiradora la imagen escheriana de la cinta de Moebius, en la cual las hormigas transitan sin obstáculo por una superficie plegada y continua donde se pierde la distinción entre las caras interna y externa. En *Lazos que unen*, esa recursividad implícita está remitida al oscuro fondo incognoscible, el cual, al ser parcialmente develado desde una perspectiva informacional, se corre hacia atrás aumentando su opacidad. La información sería anterior a una realidad que se manifiesta simultáneamente como materia y vida, las cuales están estrechamente implicadas la una en la otra.

Veremos a lo largo del libro que vivimos en un universo heracliteano cambiante dinamizado por procesos tan complementarios como antagónicos. Se jus-

tificará, por una parte, que el procesamiento de información es equiparable a un principio de regulación no determinista de una energía que se expande generando organizaciones materiales que van desde las escalas del micromundo de Planck hasta las megaescalas de espacios y tiempos de Hubble. Por otra parte, que dichos procesamientos de información inducen la imposición de restricciones conducentes a mayores grados de diferenciación, heterogeneidad e individualidad a los sistemas o agencias participantes.

Pero, ¿por qué hablar de la información como principio regulador universal? Las ciencias de la naturaleza, incluyendo las ciencias humanas, han recurrido desde diferentes perspectivas al uso del término *información*. No deberíamos hablar de información sin reflexionar antes sobre la polisemia del término, el cual no designa ningún tipo de objeto, cosa, entidad específica o sustancia, ni siquiera una característica más o menos determinada, sino que corresponde a una propiedad genérica. Etimológicamente, proviene del latín *informare* (“informar”, entendido como generar, transmitir y comunicar la forma a una materia carente de ella), y se usa en sentido ontológico para referirse al patrón o regularidad estructural incorporada en las formas de la naturaleza, cosas, objetos, organismos, sociedades, etc., en el mundo real, así como a los cambios de sus estados internos y conductuales. Es decir, las formas son universales y existen como instanciaciones o casos particulares en la gran diversidad de eventos y seres de la naturaleza. Pero, etimológicamente, el término *información* también se refiere a la generación de una idea en las mentes individuales y colectivas. En este sentido, denota el conjunto de los datos del conocimiento y, sobre todo, el acto mismo de conocer; es decir, lo epistémico. La definición se complica si consideramos que el conocimiento (lo epistémico) implica una relación entre sujetos y objetos en interacción (lo ontológico). La información supone la comunicación para transmitir señales codificadas que, una vez interpretadas, se convierten en datos de conocimientos que modifican a los sujetos y regulan la interacción entre ellos. Con esto quiero decir que la teoría matemática de la información de Shannon solamente aborda un aspecto formal y sintáctico de una noción mucho más general que abarca una confluencia de procesos (físico-químico-geo-biológicos) responsables de la generación de las formas en la naturaleza y de los procesos cognitivos relativos a sujetos que interpretan datos, hechos o eventos



significativos. No obstante, como veremos, procesos tan disímiles obedecen a principios comunes, aunque para su formalización se requieran lógicas que, superando a las clásicas, capten los complicados bucles de retroalimentación que encierran.

Existe una diversidad de significados asociados al término *información*, y se ha vuelto corriente referirlo principalmente a los registros digitalizados naturales, como el ADN, y a los lenguajes articulados humanos, además de los lenguajes utilizados para programar algoritmos computacionales que permiten procesar datos y que utilizamos en los dispositivos de comunicación. Podríamos añadir que la relación entre formas objetivas y conocimiento subjetivo se manifiesta en las producciones del hombre (tecnología y arte) en lo que Popper denominó “mundo tercero”. Este puede ser extendido al mundo animal, toda vez que la cognición guía a los organismos en la construcción del nicho y entorno inmediato, en forma de diques, telarañas, túneles, montículos, etc. Es decir, todas estas obras y construcciones animales también deben ser consideradas productos de la información. Queda pendiente por discutir en qué sentido la información como principio general podría extrapolarse para abordar las formaciones minerales y cristalinas, así como la morfología planetaria en escalas geológicas de miles de millones de años. Por otra parte, el contundente avance de las tecnologías conocidas como inteligencia artificial no sería sino una intensificación de los flujos de información de la naturaleza. La inteligencia del mundo natural y de los mundos artificiales que se construyen podría ser la expresión de un mismo principio, el procesamiento permanente de información mediado por agentes diversos pertenecientes a múltiples escalas de organización y complejidad.

A lo largo del trabajo me detendré en las nociones de *información* utilizadas con mayor recurrencia en la biología y la física contemporáneas. La polisemia del término invita a pensar la noción de *información* como algo genérico que se especifica con la palabra que lo acompaña (por ejemplo, información epigenética, información genética, información digital, información análoga, información como entropía, información como autoorganización, información como complejidad, etc.). Además, no hay que olvidar que, así como la física ha contribuido a entender los sistemas vivos, algunas aproximaciones de la biología han sido de gran utilidad en la física: una razón para sospechar que comparten un principio general de organización. El trabajo busca desarrollar y precisar una noción general de *información* que

integre aspectos específicos desarrollados en la física y la biología. Se trata de información en cuanto proceso generativo y de propagación de las formas. Esta perspectiva supone un referente o sistema usuario procesador de la información; es decir, un sistema que detecta perturbaciones físicas del entorno y las interpreta como señales informativas que le sirven para elegir, entre las opciones realmente accesibles, tanto los ajustes estructurales internos como las acciones por implementar sobre el medioambiente. Tales procesamientos se esquematizan como *inputs* (entradas, estímulos) y *outputs* (salidas, respuestas), que son sometidos a diversos tipos de retroalimentaciones mediadas por los sistemas procesadores en proceso de diferenciación y evolución.

\*\*\*

El libro está organizado en siete capítulos. En el capítulo 1 mostraré cómo la noción de *información* resuena con o evoca ideas seminales presentes en la filosofía natural de la Grecia antigua en lo relativo a una diversidad de enfoques sobre lo que se entendía como materia, vida y mente, el problema del cambio y el movimiento, las relaciones causales, el origen del orden, las formas arquetípicas, la causa formal, la relación entre potencia y acto, el hilezoísmo y el hilemorfismo, entre otras. Todas estas nociones permean las discusiones que se desarrollan aquí.

En el capítulo 2 explicaré cómo Leibniz partió de la idea aristotélica del paso de la potencia al acto para dar lugar a un esquema de procesamientos de información aplicables por igual al entendimiento del mundo físico y biológico. Igualmente mostraré que, siguiendo a Platón, defendió una idea de información infinita y preexistente, así como una de armonía universal, asuntos que serán retomados en los capítulos 6 y 7. Igualmente destacaré su conceptualización de los seres vivos como sistemas compuestos de subsistemas, y estos de subsistemas más pequeños, tesis que ha dado lugar a la postulación de una naturaleza estratificada en niveles de organización jerarquizados, tal como explicaré en el capítulo 5.

En el capítulo 3 presentaré el carácter ontoepistémico de la noción de *información*, a propósito de las tesis de Kant sobre la distinción entre la realidad en sí y el mundo fenoménico. Mostraré que a principios de siglo xx se discutían las tesis evo-

lucionistas de Lamarck y Darwin sin llegar a un acuerdo, lo que indujo a Jakob von Uexküll a investigar la fisiología sensorial y el comportamiento de los organismos, para lo cual extrapoló las tesis de Kant a los seres vivos, considerándolos sujetos de experiencia y moldeadores de su mundo circundante. Así mismo, propondré que la tesis de los círculos funcionales (perceptivo-motores) es susceptible de ser tratada en términos de procesamientos de información en los que se destacan el significado (semántica) y el valor de uso (pragmática) de la información. Discutiré además las razones que llevaron a Uexküll a rechazar la explicación aristotélica de las causas finales, para sustituirla por una ley de congruencia funcional y organización sistémica, acorde con lo señalado en la crítica del juicio de Kant. Este capítulo se conecta con el 7, toda vez que Leibniz, Kant, Lamarck y Darwin incidieron positivamente en la formulación de la filosofía natural de Charles S. Peirce.

En el capítulo 4 ilustraré cómo la noción de *información* se amplía y precisa con las investigaciones de la termodinámica sobre las transformaciones de la energía, inferibles a partir del estudio de los sistemas vivos, en particular células y ecosistemas. Se trata de modelos que postulan una noción de energía libre susceptible de ser almacenada que permite controlar el uso y aprovechamiento de la energía mediante procesamientos de información. Este análisis invita a aceptar una dinámica entre tendencias opuestas, al modo de Heráclito, una hacia la degradación de los sistemas organizados a medida que los gradientes de energía desaparecen (la segunda ley de la termodinámica) y otra hacia la construcción de sistemas más complejos a medida que la energía fluye (la tentativa cuarta ley). Postularé que esta oposición se regula mediante una agencia informacional ejercida por los sistemas organizados que captan, almacenan y utilizan la energía en beneficio individual y cooperativo. Este capítulo se conecta directamente con el 5, el 6 y el 7.

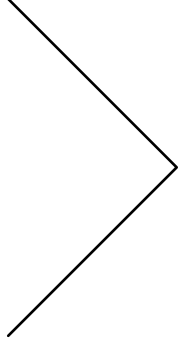
En el capítulo 5 desarrollaré la noción de *información* mediante la formulación de un modelo teórico aplicable al entendimiento de la naturaleza como una jerarquía de sistemas organizados, semejante a la sugerida por Leibniz, donde los niveles intermedios exploran nuevas potencialidades habilitando la conformación de niveles más complejos e imponiendo restricciones a los inferiores. Este modelo presenta cada nivel de organización como un conjunto de sistemas procesadores de información que actúan como mediadores entre los niveles inferiores y los superiores. Especificaré

además las condiciones que debe reunir cualquier sistema para poder ser caracterizado como una agencia procesadora de información. Igualmente, sustentaré de qué manera la organización multiniveles contribuye a resolver la dinámica entre opuestos expresada en el capítulo anterior. Para terminar, discutiré las condiciones para la emergencia de sistemas complejos a partir de medioambientes poblados por sistemas más simples, argumento que puede ser utilizado para abordar el problema del origen de la vida en la Tierra. Este capítulo retoma discusiones del 4 y se conecta con el 7.

En el capítulo 6 pondré en evidencia cómo la noción de *información* permite justificar un principio ontoepistémico semejante al que utilizó Niels Bohr cuando planteó la tesis de la complementariedad. Esta noción recoge elementos formulados en los debates a propósito de las interpretaciones de la mecánica cuántica, en particular la de Copenhague y la de los muchos mundos de Everett. Se trata de la discusión que la denominada “teoría de la decoherencia” o “darwinismo cuántico” de Zurek ha intentado resolver. En esta propuesta, el paso de la información cuántica potencial a información clásica actualizada se explica como un proceso análogo a la selección natural de la información cuántica por un medioambiente determinado. Mostraré la relación entre esta perspectiva y la de David Bohm en lo pertinente a las tesis de la inseparabilidad entre sujeto y objeto y la existencia de parámetros globales que regulan los muchos mundos subjetivos y vividos por los seres vivos. En este sentido, argumentaré que en las interpretaciones de la mecánica cuántica hay suficientes elementos que permiten recuperar las ideas de Kant sobre la relación sujeto-objeto, así como las ideas de Leibniz sobre la armonía en escala global en un universo constituido por entidades entrelazadas.

Por último, en el capítulo 7 me esforzaré por integrar las nociones de *información* discutidas en los capítulos anteriores mostrando su congruencia con lo que Charles Sanders Peirce caracterizó como ley de la mente. Este enfoque propone derrumbar definitivamente los dualismos sustancialistas, no solo evocando la tradición griega sino integrando lo más destacado de la ciencia del siglo XIX para justificar una filosofía de la naturaleza, todavía por desarrollar, acorde con la ciencia contemporánea. Una filosofía de la naturaleza evolucionista, enraizada en un monismo holístico radical, en el que la acción mental se naturaliza y se ejemplifica en una lógica de interacciones resultantes de procesamientos de información mediados por la significación.

# Referencias



- Abbagnano, N. (1988). *Historia del pensamiento. Filosofía antigua*. Sarpe.
- Acherman, J. (2016). *The Genius of Birds*. Penguin.
- Albarracín, A. (1983). *La teoría celular: La historia de un paradigma*. Alianza.
- Allison, H. (1983). *Kant's Transcendental Idealism: An Interpretation and Defense*. Yale University Press.
- Amundson, R. (1994). Two concepts of constraint. *Philosophy of Science*, 61(4), 556-578.
- Ananthaswamy, A. (2009). The evolution of reality. *fqxi Community* [página web]. [www.fqxi.org/community/articles/display/122](http://www.fqxi.org/community/articles/display/122)
- Anderson, M. y Merrell, F. (Eds.) (1991). *On Semiotic Modeling*. Mouton de Gruyter.
- Andrade, E. (1999). Natural selection and Maxwell demons: A semiotic approach to evolutionary biology. *Semiotica*, 127(1/4), 133-149. 10.1515/semi.1999.127.1-4.133
- Andrade, E. (2003a). *Los demonios de Darwin. Semiótica y termodinámica de la evolución biológica*. Unibiblos.
- Andrade, E. (2003b). The processing of information (analog digital) is the causal factor of the emergence of natural hierarchies. *Ludus Vitalis*, 11(20), 85-106.
- Andrade, E. (2007). A semiotic framework for evolutionary and developmental biology. *BioSystems*, 90(2), 389-404. 10.1016/j.biosystems.2006.10.003
- Andrade, E. (2009). *La ontogenia del pensamiento evolutivo. Hacia una interpretación semiótica de la naturaleza*. Universidad Nacional de Colombia.
- Andrade, E. (2014). Integration of thermodynamic, quantum and hierarchical theories of information in the context of Peircean semiosis. *BioSystems*, 120, 10-20. 10.1016/j.biosystems.2014.04.001
- Andrade, E. (2017). El "darwinismo cuántico" de Zurek y su extrapolación al estudio de los sistemas complejos adaptativos. *Ludus Vitalis*, 25(47), 1-53.
- Andrade, E. (2021). An informational interpretation of Uexküll's "Law of Conformity to Plan". *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, xxi(43), 371-410. 10.18270/rcfc.v43i21.3794
- Anway, M. D., Cupp, A. S., Uzumcu, M. y Skinner, M. K. (2005). Epigenetic transgenerational actions of endocrine disruptors and male fertility. *Science*, 308(5727), 1466-1469. 10.1126/science.1108190
- Arai, J., Li, S., Hartley, D. y Feig, L. (2009). Transgenerational rescue of a genetic defect in long-term potentiation and memory formation by juvenile enrichment. *Journal of Neuroscience*, 29, 1496-1502. 10.1523/JNEUROSCI.5057-08.2009

- Aranda, A. (1997). *La complejidad y la forma*. Fondo de Cultura Económica.
- Ariew, R. y Garber, D. (Eds.). (1989). *G. W. Leibniz, Philosophical Essays*. Hackett.
- Aristóteles. De anima. En J. Barnes (Ed.), *The Complete Works of Aristotle. The Revised Oxford Translation*. Princeton University Press (1984).
- Aristóteles. *De animalibus historia*. B. G. Teubner (1907).
- Aristóteles. *De generatione animalium*. Desclée de Brouwer (1966).
- Aristóteles. *De generatione animalium*. En J. Barnes (Ed.), *The Complete Works of Aristotle. The Revised Oxford Translation*. Princeton University Press (1984).
- Aristóteles. *Física, libros III-IV*. Biblos (1995).
- Aristóteles. *Metafísica*. Porrúa (1988).
- Aristóteles. *Metaphysics: Book Theta*. Clarendon Press (2006).
- Arthur, W. (1997). *The Origin of Animal Body Plans. A Study in Evolutionary Developmental Biology*. Cambridge University Press.
- Asano, M., Basieva, I., Khrennikov, A., Ohya, M., Tanaka, Y. y Yamato, I. (2012). Quantum-like model for the adaptive dynamics of the genetic regulation of *E. coli*'s metabolism of glucose/lactose. *Systems and Synthetic Biology*, 6(1-2), 1-7. 10.1007/s11693-012-9091-1
- Asano, M., Basieva, I., Khrennikov, A., Ohya, M., Tanaka, Y. y Yamato, I. (2013). A model of epigenetic evolution based on theory of open quantum systems. *Systems and Synthetic Biology*, 7(4), 161-173. 10.1007/s11693-013-9109-3
- Asano, M., Ohya, M., Tanaka, Y., Khrennikov, A. y Basieva, I. (2011). Dynamics of entropy in quantum-like model of decision making. *Journal of Theoretical Biology*, 281, 56-64. 10.1063/1.3567429
- Baer, K. E. von (2012). Welche Auffassung der lebenden Natur ist die richtige? Und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden? Zur Eröffnung der Russischen entomologischen Gesellschaft im October 1860 gesprochen. En *Reden gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen und kleinere Aufsätze vermischten inhalts*. Ulan Press. (1864).
- Baldwin, J. (1896). A new factor in evolution. *American Naturalist*, 30, 441-451.
- Baluška, F. (2010). Recent surprising similarities between plant cells and neurons. *Plant Signaling & Behavior*, 5(2), 87-89. 10.4161/psb.5.2.11237
- Baluška, F., Mancuso, S., Volkmann, D. y Barlow, P. W. (2009). The "root-brain" hypothesis of Charles and Francis Darwin: Revival after more than 125 years. *Plant Signaling & Behavior*, 4(12), 1121-1127. 10.4161/psb.4.12.10574

- Banerji, C., Miranda-Saavedra, D., Severini, S., Widschwendter, M., Enver, T., Zhou, J. y Teschendorf, A. (2013). Cellular network entropy as the energy potential in Waddington's differentiation landscape. *Scientific Reports*, 3, 3039. 10.1038/srep03039
- Barbour, J. (2001). *The End of Time. The Next Revolution in our Understanding of the Universe*. Oxford University Press.
- Barnes, J. (1979). *The Presocratic Philosophers. The Arguments of the Philosophers*. Routledge.
- Barnes, J. (Ed). (1984). *The Complete Works of Aristotle. The Revised Oxford Translation*. Princeton University Press.
- Barrett, P., Gautrey, P., Herbert, S., Kohn, D. y Smith, S. (Eds.). (1987). *Charles Darwin Notebooks, 1836-1844: Geology, Transmutation of Species, Metaphysical Enquiries*. Cornell University Press.
- Barrow, J., Davies, P. y Harper, C. W. (Eds.). (2004). *Science and Ultimate Reality. Quantum Theory, Cosmology, and Complexity*. Cambridge University Press.
- Bedau, M. (2002). Downward causation and the autonomy of weak emergence. *Principia*, 6(1), 5-50. 10.7551/mitpress/9780262026215.003.0010
- Bennett, C. (1973). Logical reversibility of computation. *IBM Journal Research and Development*, 17(6), 525-532.
- Bennett, C. (1982). The thermodynamics of computation: A review. *International Journal of Theoretical Physics*, 21, 905-940. 10.1007/BF02084158
- Bertalanffy, L. (1968). *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica.
- Bhattacharya, S., Qiang, Z. y Andersen, M. (2011). A deterministic map of Waddington's epigenetic landscape for cell fate specification. *BMC Systems Biology*, 5, 85. 10.1186/1752-0509-5-85
- Bianchi, E. (2006). Receptacle/Chora: Figuring the errant feminine in Plato's Timaeus. *Hypatia*, 21(4), 124-146. 10.1111/j.1527-2001.2006.tb01131.x
- Blackmore, S. (1995). *The Meme Machine*. Oxford University Press.
- Bohm, D. (1951). *Quantum Theory*. Prentice-Hall.
- Bohm, D. (1980). *Wholeness and the Implicate Order*. Routledge.
- Bohm, D. (1990). A new theory of the relationship of mind and matter. *Philosophical Psychology*, 3(2/3), 271-286. 10.1080/09515089008573004
- Bohm, D. y Hiley, B. (1993). *The Undivided Universe. An Ontological Interpretation of Quantum Theory*. Routledge.



- Bohr, N. (1933). Light and life. *Nature*, 131.
- Bohr, N. (1969). Discussion with Einstein on epistemological problems of atomic physics. En P. A. Schilpp (Ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. Open Court.
- Bohr, N. (1985). Light and life. En A. French y P. Kennedy (Eds.), *Niels Bohr: A Centenary Volume*. Harvard University Press. (1933).
- Bohr, N. (1987). *Essays 1932-1957 on Atomic Physics and Human Knowledge*. Oxbow Press.
- Bohr, N. (1998). Causality and complementarity. En J. Faye y H. J. Folse (Eds.), *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, vol 4. Oxbow Press.
- Bonnet, C. (1748). *Considérations sur les corps organisés. Ou l'on traite de leur origine, de leur développement, de leur reproduction, &c. Et où l'on a rassemblé en abrégé tout ce que l'histoire naturelle offre de plus certain et de plus intéressant sur ce sujet*, vol. 2. Chez Marc Michel Rey.
- Bordonaro, M. y Ogryzko, V. (2013). Quantum biology at the cellular level. Elements of the research program. *BioSystems*, 112(1), 11-13. 10.1016/j.biosystems.2013.02.008
- Bowler, P. (1971). Preformation and preexistence in the seventeenth century: A brief analysis. *Journal of the History of Biology*, 4, 221-244. 10.1007/BF00138311
- Bowler, P. (1983). *The Eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian Evolution Theories in the Decades around 1910*. Johns Hopkins University Press.
- Brandon, R. (1999). The units of selection revisited: The modules of selection. *Biology and Philosophy*, 14(2), 167-180. 10.1023/A:1006682200831
- Brentari, C. (2015). *Jakob von Uexküll: The Discovery of the Umwelt between Biosemiotics and Theoretical Biology*. Springer.
- Brooks, D. y Wiley, E. (1988). *Evolution as Entropy*. University of Chicago Press.
- Brüntrup, G. y Jaskolla, L. (2016). *Panpsychism*. Oxford University Press.
- Bryant, L. (2011a). A logic of multiplicities: Deleuze, immanence, and onticology. *Analecta Hermeneutica*, 3, 1-20.
- Bryant, L. (2011b). *The Democracy of Objects*. Open Humanities Press.
- Burgin, M. (2012). Ideas of Plato in the context of contemporary science and mathematics. *Athens Journal of Humanities and Art*, 4(3), 161-182. 10.30958/ajha.4.3.1
- Burkhardt, R. (1995). *The Spirit of System. Lamarck and Evolutionary Biology*. Harvard University Press.
- Buss, L. (1987). *The Evolution of Individuality*. Princeton University Press.
- Cairns, J., Overbauch, J. y Miller, S. (1988). The origin of mutants. *Nature*, 335(6186), 142-145. 10.1038/335142a0

- Campbell, J. (2010). Quantum Darwinism as a Darwinian process. [arxiv.org/pdf/1001.0745](https://arxiv.org/pdf/1001.0745)
- Campbell, J. (2016). Universal Darwinism as a process of Bayesian inference. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10(24). 10.3389/fnsys.2016.00049
- Caponi, G. (2008). Selección interna: El control de la filogenia por la ontogenia en una perspectiva variacional. *Theoria*, 23(2), 195-218. 10.1387/theoria.395
- Chaisson, E. (2001). *Cosmic Evolution. The Rise of Complexity in Nature*. Harvard University Press.
- Chaisson, E. (2002). Follow the energy: Relevance of cosmic evolution for human history. *Historically Speaking*, 6(5), 26-28.
- Chaitin, G. (2003). Leibniz, information, math and physics. [arxiv.org/pdf/math/0306303.pdf](https://arxiv.org/pdf/math/0306303.pdf)
- Clark, W. C. y Munn, R. E. (Eds.) (1986). *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge University Press.
- Clayton, P. (2010). Unsolved dilemmas: The concept of matter in the history of philosophy and in contemporary physics. En P. Davies y N. H. Gregersen (Eds.), *Information and the Nature of Reality*. Cambridge University Press.
- Clayton, P. y Davies, P. (2006). *The Re-Emergence of Emergence: The Emergentist Hypothesis from Science to Religion*. The MIT Press.
- Cloos, W. (1978). *The Living Origin of Rocks and Minerals*. Lanthorn Press.
- Cody, G., Boctor, N., Hazen, R., Brandes, J., Morowitz, H. y Yoder, H. (2001). The geochemical roots of autotrophic carbon fixation: 2 hydrothermal experiments in the system citric acid, H<sub>2</sub>O-(+I-FeS)-(+I-NiS). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65(20), 3557-3576. 10.1016/S0016-7037(01)00674-3
- Conrad, M. (2001). Unity of measurement and motion. *BioSystems*, 60(1-3), 23-38. 10.1016/S0303-2647(01)00105-8
- Conway, M. (1923). *Emergent Evolution: The Gifford Lectures, Delivered in the University of St. Andrews in the Year 1922*. Henry Holt and Company.
- Corliss, J., Baross, J. A. y Hoffman, S. E. (1981). An hypothesis concerning the relationship between submarine hot springs and the origin of life on Earth. *Oceanologica*, 4, 59-69.
- Crick, F. (1968). The origin of the genetic code. *Journal of Molecular Biology*, 38(3), 367-379. 10.1016/0022-2836(68)90392-6
- Crick, F. (1970). Central dogma of molecular biology. *Nature*, 227(5258), 561-563. 10.1038/227561a0
- Darwin, C. (1859). *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray.

- Darwin, C. (1874). *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. Rand McNally & Company.
- Darwin, C. (1894). *The Variation of Animals and Plants under Domestication*. D. Appleton and Company.
- Davies, P. y Gregersen, N. (Eds.). (2010). *Information and the Nature of Reality: From Physics to Metaphysics*. Cambridge University Press.
- Dawkins, R. (1976). *The Selfish Gene*. Oxford University Press.
- De Caro, M. y Macarthur, D. (Eds.). (2010). *Naturalism and Normativity*. Columbia University Press.
- De Caro, M. y Voltolini, A. (2010). Is liberal naturalism possible? En M. de Caro y D. Macarthur (Eds.), *Naturalism and Normativity*. Columbia University Press.
- Deacon, T. (2006). Emergence: The hole at the wheel's hub. En P. Clayton y P. Davies (Eds.), *The Re-Emergence of Emergence*. The MIT Press.
- Deacon, T. (2012). *Incomplete Nature: How Mind Emerged from Matter*. W. W. Norton and Company.
- Deleuze, G. y Guattari, F. (1993). *¿Qué es la filosofía?* Anagrama.
- Dennet, D. (1995). *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*. Simon and Schuster.
- Depew, D. y Weber, B. (1995). *Darwinism Evolving. Systems Dynamics and the Genealogy of Natural Selection*. The MIT Press.
- Deutsch, D. (2006). *La estructura de la realidad*. Anagrama.
- Di Giulio, M. (1995). The phylogeny of tRNAs seems to confirm the predictions of the coevolution theory of the origin of the genetic code. *Origins of Life and Evolution of Biosphere*, 25(6), 549-564. 10.1007/BF01582024
- Di Giulio, M. (1997). On the origin of the genetic code. *Journal of Theoretical Biology*, 187(4), 573-581. 10.1006/jtbi.1996.0390
- Di Giulio, M. (2005a). Structuring of the genetic code took place at acidic pH. *Journal of Theoretical Biology*, 237(2), 219-226. 10.1016/j.jtbi.2005.04.009
- Di Giulio, M. (2005b). The origin of the genetic code: Theories and their relationships, a review. *BioSystems*, 80(2), 175-184. 10.1016/j.biosystems.2004.11.005
- Diels, H. y Franz, W. (1992). *Die Fragmente der Vorsokratiker*. Weidmann.
- Dobbs, B. (1984). *The Foundations of Newton's Alchemy. The Hunting of the Green Lion*. Cambridge University Press.
- Dobzhansky, T. (1951). *Genetics and the Origin of Species*. Columbia University Press.
- Domazet-Lošo, T. y Tautz, D. (2010). A phylogenetically based transcriptome age index mirrors ontogenetic divergence patterns. *Nature*, 468(7325), 815-818. 10.1038/nature09632

- Duchesneau, F. (2006). Charles Bonnet's neo-Leibnizian theory of organic bodies. En J. E. H. Smith (Ed.), *The Problem of Animal Generation in Early Modern Philosophy*. Cambridge University Press.
- Dupré, J. (1993). *The Disorder of Things: Metaphysical Foundations of the Disunity of Science*. Harvard University Press.
- Eigen, M. (1971). Self-organization of matter and the evolution of biological macromolecules. *Naturwissenschaften*, 58(10), 465-523. 10.1007/BF00623322
- Elden, S. (2013). Leibniz and geography: Geologist, paleontologist, biologist, historian, political theorist and geopolitician. *Geographica Helvetica*, 68(2), 81-93. 10.5194/gh-68-81-2013
- Eldredge, N. (1985). *Unfinished Synthesis. Biological Hierarchies and Modern Evolutionary Thought*. Oxford University Press.
- Engel, G. (2011). Quantum coherence in photosynthesis. *Procedia Chemistry*, 3(1), 222-231. 10.1016/j.proche.2011.08.029
- Escribano, M. (2017). *Complejidad y dinámica en Leibniz. Un vitalismo ilustrado*. Comares.
- Espinoza, M. (2009). La libertad, una necesidad interiorizada. *Eikasia: Revista de Filosofía*, 4(27), 187-213.
- Everett, H. (1957). "Relative state" formulation of quantum mechanics. *Reviews of Modern Physics*, 29, 454-462.
- Farrington, B. (1979). *Ciencia griega*. Icaria.
- Farrington, B. (1980). *Ciencia y política en el mundo antiguo*. Ayuso.
- Faye, J. y Folse, H. (Eds). (1998). *Causality and Complementarity. The Philosophical Writings of Niels Bohr*. Oxbow Press.
- Ferrel, J. (2012). Bistability, bifurcations, and Waddington's epigenetic landscape. *Current Biology*, 22(11), 458-466. 10.1016/j.cub.2012.03.045
- Feyerabend, P. (1975). *Against Method Outline of an Anarchist Theory of Knowledge*. New Left Books.
- Fisch, M. (Ed.). (1982-1993). *Writings of Charles S. Peirce: A Chronological Edition*. Indiana University Press.
- Fisher, R. (1958). *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford University Press.
- Forsdyke, D. (2009). Scherrer and Jost's symposium: The gene concept in 2008. *Theory in Biosciences*, 128, 157-161. 10.1007/s12064-009-0071-2

- Foster, P. y Cairns, J. (1992). Mechanisms of directed mutation. *Genetics*, 131(4), 783-789. 10.1093/genetics/131.4.783
- Fox, E. (2000). *Lenguaje y vida. Metáforas de la biología en el siglo xx*. Manantial.
- Fox, S. (1984). Proteinoid experiments and evolutionary theory. En M.-W. Ho y P. Saunders (Eds.), *Beyond Neo-Darwinism*. Academic Press.
- Fox, S. (1986). The evolutionary sequence: Origin and emergences. *The American Biology Teacher*, 48(3), 140-149. 10.2307/4448240
- Fox, S. (1988). The new evolutionary paradigm. *BioEssays*, 9(6), 209-213. 10.1002/bies.950090607
- Frank, S. (2007). Developmental selection and self-organization. *BioSystems*, 40, 237-243. 10.1016/s0303-2647(96)01658-9
- Fraustchi, S. (1982). Entropy in an expanded universe. *Science*, 217(4560), 593-599. 10.1126/science.217.4560.593
- French, A. y Kennedy, P. (Eds.). (1985). *Niels Bohr: A Centenary Volume*. Harvard University Press.
- Fukuyama, F. (1992). *The End of History and the Last Man*. Macmillan.
- Gabor, E. y Müller, M. (2013). The living matter according to Ervin Bauer (1890-1938). *Acta Physiologica Hungarica*, 100(1), 124-132. 10.1556/APhysiol.99.2012.006
- Gabora, L., Scott, E. y Kauffman, S. (2013). A quantum model of exaptation: Incorporating potentiality into evolutionary theory. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 113, 108-116. 10.1016/j.pbiomolbio.2013.03.012
- Gallardo, M. (2017). *Evolución: El curso de la vida*. Universidad Austral de Chile.
- Ghiselin, M. (1974). A radical solution to the species problem. *Systematic Zoology*, 23(4), 536-544. 10.1093/sysbio/23.4.536
- Ghiselin, M. (1999). Natural kinds and supraorganismal individuals. En D. L. Medin y S. Atran (Eds.), *Folkbiology*. The MIT Press.
- Ghiselin, M. (2002). Species concepts: The basis for controversy and reconciliation. *Fish and Fisheries*, 3(3), 151-160. 10.1046/j.1467-2979.2002.00084.x
- Gissis, S. y Jablonka, E. (2011). *Transformations of Lamarckism: From Subtle Fluids to Molecular Biology*. The MIT Press.
- Globus, G., Maxwell, G. y Savodnik, I. (1976). *Consciousness and the Brain: A Scientific and Philosophical Inquiry*. Plenum Press.

- Godfrey-Smith, P. (2016). *Other Minds. The Octopus, the Sea, and the Deep Origins of Consciousness*. Farrar, Straus and Giroux.
- Goodchild, P. (1996). *Deleuze and Guattari. An Introduction to the Politics of Desire*. SAGE.
- Goodwin, B. (1989). *Theoretical Biology: Epigenetic and Evolutionary Order from Complex Systems*. Edinburgh University Press.
- Goodwin, B. (1994). *Las manchas del leopardo. La evolución de la complejidad*. Metatemas.
- Gottlieb, G. (2001). A developmental psychobiological systems view: Early formulation and current status. En S. Oyama, P. E. Griffiths y R. D. Gray (Eds.), *Cycles of Contingency. Developmental Systems and Evolution*. The MIT Press.
- Gould, S. (2002). *The Structure of Evolutionary Theory*. Harvard University Press.
- Griffin, D. (1992). *Animal Minds*. University of Chicago Press.
- Griffiths, P. y Gray, R. D. (2001). Darwinism and developmental systems. En S. Oyama, P. Griffiths y R. D. Gray (Eds.), *Cycles of Contingency. Developmental Systems and Evolution*. The MIT Press.
- Grujic, P. (2001). The concept of fractal Cosmos: I Anaxagoras' Cosmology. *Serbian Astronomical Journal*, 163, 21-34. 10.2298/SAJ0163021G
- Guardiano, N. (2011). The intelligibility of Peirce's metaphysics of objective idealism. *Cognition*, 12(2), 187-204.
- Guthrie, W. (1962). *A History of Greek Philosophy*. Cambridge University Press.
- Hale, P. (2012). Darwin's other bulldog: Charles Kingsley and the popularization of evolution in Victorian England. *Science & Education*, 21(7), 977-1013. 10.1007/s11191-011-9414-8
- Harman, G. (2011). Realism without materialism. *SubStance*, 40(2), 52-72. 10.1353/sub.2011.0011
- Harrowitz, N. (1988). The body of the detective model: Charles S. Peirce and Edgar Allan Poe. En U. Eco y T. A. Sebeok (Eds.), *The Sign of the Three. Dupin, Holmes, Peirce*. Indiana University Press.
- Hausman, C. (1993). *Charles S. Peirce's Evolutionary Philosophy*. Cambridge University Press.
- Heisenberg, W. (2007). *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science*. HarperCollins.
- Henikoff, S. y Shilatfard, A. (2011). Histone modification: Cause or cog? *Trends in Genetics*, 27(10), 295-342. 10.1016/j.tig.2011.06.006
- Ho, M.-W. (2008). *The Rainbow and the Worm: The Physics of Organisms*. World Scientific Publishing.
- Ho, M.-W. y Saunders, P. (1979). Beyond neo-Darwinism. An epigenetic approach to evolution. *Journal of Theoretical Biology*, 78(4), 573-591. 10.1016/0022-5193(79)90191-7

- Ho, M.-W. y Saunders, P. (Eds.) (1984). *Beyond Neo-Darwinism*. Academic Press.
- Hoffmeyer, J. (1996). *Signs of Meaning in the Universe*. Indiana University Press.
- Hoffmeyer, J. (1998). Surfaces inside surfaces. On the origin of agency and life. *Cybernetics & Human Knowing*, 5(1), 33-42.
- Hoffmeyer, J. (2001). Life and reference. *BioSystems*, 60, 123-130. 10.1016/S0303-2647(01)00111-3
- Hoffmeyer, J. y Emmeche, C. (1991). Code-duality and the semiotics of nature. En M. Anderson y F. Merrell (Eds.), *On Semiotic Modeling*. Mouton de Gruyter.
- Hofstadter, D. (1979). *Gödel, Escher, Bach: Un eterno y grácil bucle*. Tusquets.
- Holling, C. S. (1986). The resilience of terrestrial ecosystems: Local surprise and global change. En W. C. Clark y R. E. Munn (Eds.), *Sustainable Development of the Biosphere*. Cambridge University Press.
- Hookway, C. (2009). *Peirce. The Arguments of the Philosophers*. Routledge.
- Horgan, J. (1996). *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*. Basic Books.
- Houser, N. y Kloesel, C. (Eds.). (1982-1993). *The Essential Peirce: Selected Philosophical Writings*, vol. 1. Indiana University Press.
- Hull, D. (1978). A matter of individuality. *Philosophy of Science*, 45(3), 335-360. 10.1086/288811
- Hull, D. (1980). Individuality and selection. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11, 311-332. 10.1146/annurev.es.11.110180.001523
- Huneman, P. (2007a). Reflexive judgment and Wolffian embryology: Kant's shift between the First and the Third Critique. *Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques*, 8, 75-100.
- Huneman, P. (2007b). *Understanding Purpose. Kant and the Philosophy of Biology*. University of Rochester Press.
- Hut, P., Alford, M. y Tegmark, M. (2006). On math, matter and mind. *Foundations of Physics*, 36(6), 765-794. 10.1007/s10701-006-9048-x
- Igamberdiev, A. (2008). Objective patterns in the evolving network of non-equivalent observers. *BioSystems*, 92(2), 122-131. 10.1016/j.biosystems.2008.01.002
- Iltis, C. (1973). The Leibnizian-Newtonian debates: Natural philosophy and social psychology. *The British Journal for the History of Science*, 6(4), 343-377. 10.1017/S000708740001253X

- Irie, N. y Sehara-Fujisawa, A. (2007). The vertebrate phylotypic stage and an early bilaterian-related stage in mouse embryogenesis defined by genomic information. *BMC Systems Biology*, 5(1). 10.1186/1741-7007-5-1
- Itano, W., Heizen, D. J., Bollinger, J. J. y Wineland, D. (1989). Quantum Zeno effect. *Physical Review A*, 41(5), 2295-2300.
- Jablonka, E. y Lamb, M. (1995). *Epigenetic Inheritance and Evolution. The Lamarckian Dimension*. Oxford University Press.
- Jablonka, E. y Lamb, M. (1998). Epigenetic inheritance in evolution. *Journal of Evolutionary Biology*, 11, 159-183. 10.1046/j.1420-9101.1998.11020159.x
- Jablonka, E. y Lamb, M. (2006a). *Evolution in Four Dimensions. Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life*. The MIT Press.
- Jablonka, E. y Lamb, M. (2006b). The evolution of information in the major transitions. *Journal of Theoretical Biology*, 239(2), 236-246. 10.1016/j.jtbi.2005.08.038
- Jacob, F. (1977). Evolution and tinkering. *Science*, 196(4295), 1161-1166. 10.1126/science.860134
- Jaeger, W. (1946). *Aristóteles. Bases para la historia de su desarrollo intelectual*. Fondo de Cultura Económica.
- Jaeger, W. (1997). *La teología de los primeros filósofos griegos*. Fondo de Cultura Económica.
- Jeffares, D., Poole, A. y Penny, D. (1998). Relics from the RNA world. *Journal of Molecular Evolution*, 46(1), 18-36. 10.1007/PL00006280
- Jenuwein, T. y Allis, D. (2001). Translating the histone code. *Science*, 293(5532), 1074-1080. 10.1126/science.1063127
- Jones, V. (1971). Complementarity as a way of life. *Physics Bulletin*, 22(6). 10.1088/0031-9112/22/6/012
- Jørgensen, S. (2011). Towards a thermodynamics of biological systems. *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering*, 51, 1-19. 10.2495/978-1-84564-654-7/02
- Jørgensen, S., Patten, B. y Straškraba, M. (2000). Ecosystems emerging: 4 Growth. *Ecological Modelling*, 126(2/3), 249-284. 10.1016/S0304-3800(00)00268-4
- Jørgensen, S. y Svirezhev, Y. (2004). *Toward a Thermodynamic Theory for Ecological Systems*. Elsevier.
- Jørgensen, S. y Ulanowicz, R. (2009). Network calculations and ascendancy based on eco-exergy. *Ecological Modelling*, 220(16), 1893-1896. 10.1016/j.ecolmodel.2009.04.032



- Kalinka, A., Vaga, K., Gerrard, D., Preibisch, S., Corcoran, D., Jarrells, J., Ohler, U., Bergman, C. y Tomancak, P. (2010). Gene expression divergence recapitulates the developmental hourglass model. *Nature*, 468(7325), 811-814. 10.1038/nature09634
- Kant, I. (1992). *Crítica de la capacidad de juzgar*. Monte Ávila. (1790).
- Kant, I. (1996). *Critique of Pure Reason*. Hackett. (1781).
- Kant, I. (1998). *Crítica de la razón pura*. Porrúa. (1781).
- Kant, I. (2004). *Prolegomena to any Future Metaphysics with Selections of the Critique of Pure Judgement*. Cambridge University Press. (1783).
- Kant, I. (2009). *Metaphysical Foundations of Natural Science*. Cambridge University Press. (1786).
- Kauffman, S. (1991). Antichaos and adaptation. *Scientific American*, 265(2), 78-84. 10.1038/scientificamerican0891-78
- Kauffman, S. (1993). *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford University Press.
- Kauffman, S. (1995). *At Home in the Universe*. Oxford University Press.
- Kauffman, S. (2000). *Investigations*. Oxford University Press.
- Kauffman, S. (2008). *Reinventing the Sacred: A New View of Science, Reason, and Religion*. Basic Books.
- Kelley, D., Karson, J., Früh-Green, G. L., Yoerger, D. R., Shank, T. M., Butterfield, D. A., Hayes, J. M., Schrenk, M. O., Olson, E. J., Proskurowski, G., Jakuba, M., Bradley, A., Larson, B., Ludwig, K., Glickson, D., Buckman, K., Bradley, A. S., Brazelton, W. J., Roe, K., Elend, M. J., Delacour, A., Bernasconi, S. M., Lilley, M. D., Baross, J. A., Summons, R. E. y Sylva, S. P. (2005). A serpentinite-hosted ecosystem: The lost city hydrothermal field. *Science*, 307(5714), 1428-1434. 10.1126/science.1102556
- Kestin, J. (1979). *A Course in Thermodynamics*. Taylor & Francis.
- Khmelnitskiy, R. G., Blankenship, R. E. y Jankowiak, R. (2018). Excitonic energy landscape of the Y16F mutant of the Chlorobium tepidum Fenna-Matthews-Olson (fmo) Complex: High resolution spectroscopic and modeling studies. *Journal of Physical Chemistry B*, 122(14), 3734-3743. 10.1021/acs.jpcc.7b11763
- Kim, J. (1999). Making sense of emergence. *Philosophical Studies*, 95(1/2), 3-36.
- Kirk, G. S. (1983). *A Critical History with a Selection of Texts*. Cambridge University Press.
- Kirk, G. S., Raven, J. y Schofield, M. (1983). *The Presocratic Philosophers: A Critical History with a Selection of Texts*. Cambridge University Press.

- Kitto, K. (2014). Contextualised general systems theory. *Systems*, 2-4, 541-565. 10.3390/systems2040541
- Koestler, A. (1967). *The Ghost in the Machine*. Hutchinson.
- Koonin, E. y Dolja, V. (2013). A virocentric perspective on the evolution of life. *Current Opinion in Virology*, 3(5), 546-557. 10.1016/j.coviro.2013.06.008
- Koshland, D. (1995). The key-lock theory and the induced fit theory. *Angewandte Chemie*, 33(23/24), 2375-2378. 10.1002/anie.199423751
- Koyré, A. (1977). *Los orígenes de la ciencia moderna. Una interpretación nueva*. Siglo XXI.
- Koyré, A. (1996). *Estudios de historia del pensamiento científico*. Siglo XXI.
- Kull, K. (2004). Uexküll and the post-modern evolutionism. *Sign Systems Studies*, 32(1/2), 99-114. 10.12697/SSS.2004.32.1-2.04
- La Scola, B., Audic, S., Robert, C., Jungang, L., De Lamballerie, X., Drancourt, M., Birtles, R., Claverie, J.-M. y Raoult, D. (2003). A giant virus in Amoebae. *Science*, 299(5615), 2033. 10.1126/science.1081867
- Laland, K., Uller, T., Feldman, M., Sterelny, K., Müller, G. B., Moczek, A., Jablonka, E., Odling-Smee, J., Wray, G. A., Hoekstra, H. E., Futuyma, D. J., Lenski, R. E., Mackay, T. F. C., Schluter, D. y Strassmann, J. E. (2014). Does evolutionary theory need a rethink? *Nature*, 514(7521), 161-164. 10.1038/514161a
- Lamarck, J.-B. (1969). *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. Culture et Civilisation. (1815).
- Lamarck, J.-B. (1986). *Filosofía zoológica*. Alta Fulla. (1809).
- Lamarck, J.-B. (2003a). *Recherches sur l'organisation des corps vivants*. Centre de Recherche en Histoire des Sciences et des Techniques. (1802).
- Lamarck, J.-B. (2003b). *Système analytique des connaissances positives de l'homme. Restreintes à celles qui proviennent directement ou indirectement de l'observation*. Centre de Recherche en Histoire des Sciences et des Techniques / Conseil National de Recherche Scientifique. (1820).
- Landauer, R. (1961). Irreversibility and heat generation in the computing process. *IBM Journal Research and Development*, 5(3), 183-191. 10.1147/rd.53.0183
- Lane, N. (2015). *The Vital Question: Why Is Life the Way It Is?* Profile Books.
- Layzer, D. (1975). The arrow of time. *Scientific American*, 233, 56-69.
- Leibniz, G. (s. f.) *Monadología*. Escuela de Filosofía Universidad Arcis. (1713-1715).
- Leibniz, G. (1718). *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*. Table 86.
- Leibniz, G. (1889). *Monadología*. Biblioteca Económica Filosófica. (1713-1715).

- Leibniz, G. (1929). *Nuevo sistema de la naturaleza*. Nueva Biblioteca Filosófica xxxvll. (1695).
- Leibniz, G. (2006). *Protogaea: Del aspecto primitivo de la Tierra y su antiquísima historia según los vestigios de los propios monumentos de la naturaleza*. KRK Ediciones. (1749).
- Leibniz, G. (2009). Nueva hipótesis física. En J. Arana (Ed.), *G. W. Leibniz: Obras filosóficas y científicas*, vol. 8. Comares. (1671).
- Levins, R. y Lewontin, R. (1985). *The Dialectical Biologist*. Harvard University Press.
- Lewontin, R. (1970). The units of selection. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1, 1-18.
- Lima-de-Faria, A. (2016). Order is present at every level but is not total. *Theoretical Biology Forum*, 109(1/2), 101-110. 10.19272/201611402007
- Lloyd, S. (2006). *Programming the Universe*. Alfred A. Knopf.
- Lockwood, M. (2005). *The Labyrinth of Time: Introducing the Universe*. Oxford University Press.
- Lodge, P. (2001). Primitive and derivative forces in Leibnizian bodies. En H. Poser (Ed.), *Nihil Sine Ratione: Mensch, Natur und Technik im Wirken von G. W. Leibniz*. Nachtragsband.
- Loemker, L. (1956). *Philosophical Papers and Letters (Gottfried Wilhelm Leibniz)*. Chicago University Press.
- Longo, G. y Montévil, M. (2011). From physics to biology by extending criticality and symmetry breakings. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 106(2), 340-347. 10.1016/j.pbiomolbio.2011.03.005
- Lotka, A. (1922a). Contribution to the energetics of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 8(6), 147-151. 10.1073/pnas.8.6.147
- Lotka, A. (1922b). Natural selection as a physical principle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 8(6), 151-154. 10.1073/pnas.8.6.151
- Lovejoy, A. (1983). *La gran cadena del ser. Historia de una idea*. Icaria.
- Low, P. (2012). The Cambridge Declaration on Consciousness. Francis Crick Memorial Conference on Consciousness in Human and non-Human Animals.
- Lynch, M. (2007). The frailty of adaptive hypotheses for the origins of organismal complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 8597-8604. 10.1073/pnas.0702207104
- Maeterlinck, M. (1907). *L'intelligence des fleurs*. E. Fasquelle.
- Maldonado, C. y Gómez, N. (2015). Biological hypercomputation: A new research problem in complexity theory. *Complexity*, 20(4), 8-18. 10.1002/cplx.21535
- Malebranche, N. (1974). *De la recherche de la vérité*. Vrin. (1674).
- Margulis, L. y Sagan, D. (1998). *¿Qué es el sexo?* Tusquets.

- Marov, M. (2013). Vladimir Ivanovich Vernadsky, the science of the biosphere and astrobiology. *21st Century Science and Technology*, 26(1), 5-22.
- Martínez, M. y Andrade, E. (2014). Constreñimientos, variación evolutiva y planos corporales. *Signos Filosóficos*, 16(31), 63-96.
- Maupertuis, P. (1965). *Système de la nature*. En *Oeuvres*, vol. 2. Georg Olms. (1756).
- Maxwell, J. (1990). *The Scientific Letters and Papers of James Clerk Maxwell*, vol. 3: 1874-1879. Cambridge University Press.
- Mayr, E. (1961). Cause and effect in biology. *Science, New Series*, 134(3489), 1501-1506. 10.1126/science.134.3489.1501
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Katz.
- Mayr, E. (2006). *What Makes Biology Unique. Considerations on the Autonomy as a Scientific Discipline*. Cambridge University Press.
- McClare, C. (1971). Chemical machines, Maxwell's demon and living organisms. *Journal of Theoretical Biology*, 30(1), 1-34. 10.1016/0022-5193(71)90033-6
- McClare, C. (1975). How does ATP act as an energy source? En G. E. W. Wolstenholme y D. W. Fitzsimons (Eds.), *Energy Transformation in Biological Systems*. Ciba Foundation Symposium. 10.1002/9780470720134.CH16
- McDowell, J. (1994). *Mind and World*. Harvard University Press.
- McFadden, J. (2000). *Quantum Evolution: Life in the Multiverse*. HarperCollins.
- McFadden, J. y Al-Khalili, J. (1999). A quantum mechanical model of adaptive mutation. *BioSystems*, 50, 203-211.
- Medin, D. y Atran, S. (Eds.). (1999). *Folkbiology*. The MIT Press.
- Meijer, D. (2015). The universe as a cyclic organized information system: John Wheeler's world revisited. *NeuroQuantology*, 13(1). 10.14704/nq.2015.13.1.798
- Mensch, J. (2013). *Kant's Organicism: Epigenesis and the Development of Critical Philosophy*. University of Chicago Press.
- Merchant, C. (1979). The vitalism of Anne Conway: Its impact on Leibniz's concept of the monad. *Journal of the History of Philosophy*, 17(3), 255-269. 10.1353/hph.2008.0331
- Mikulecky, D. (2001). The emergence of complexity: Science coming of age or science growing old? *Computers & Chemistry*, 25(4), 341-348. 10.1016/S0097-8485(01)00070-5
- Misra, R. y Sudarshan, G. (1977). The Zeno's paradox in quantum theory. *Journal of Mathematical Physics*, 18(4), 756-763. 10.1063/1.523304

- Moelling, K. (2017). *Viruses: More Friends than Foes*. World Scientific Press.
- Monod, J. (1970). *El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*. Orbis.
- Montoya, D., Yallop, M. y Memmott, J. (2015). Functional group diversity increases with modularity in complex food webs. *Nature Communications*, 6(7379). 10.1038/ncomms8379
- Morgan, C. L. (1923). *Emergent Evolution: The Gifford Lectures, Delivered in the University of St. Andrews in the Year 1922*. Henry Holt and Company.
- Moscoso, J. (1995). Experimentos de regeneración animal: 1686-1785. ¿Cómo defender la preexistencia? *Dynamis: Acta Hispanica ad Medicinæ Scientiarumque Historiam Illustrandam*, 15, 341-373.
- Mugler, C. (1956). Le problème d'Anaxagore. *Revue des Études Grecques*, 69, 314-376.
- Müller, G. B. (2007) Evo-devo: Extending the evolutionary synthesis. *Nature Reviews Genetics*, 8, 943-949. 10.1038/nrg2219
- Nachtomy, O. (2007). Leibniz on nested individuals. *British Journal for the History of Philosophy*, 15(4), 709-728. 10.1080/09608780701604997
- Nagel, T. (1974). What is it like to be a bat? *The Philosophical Review*, 83(4), 435-450.
- Needham, J. (1954). Mathematics and Science in China and the West. *Science and Society*, 20(4), 320-343.
- Neumann, J. von (1966). *Theory of Self-Reproducing Automata*. University of Illinois Press.
- Newman, J. (1997). *Sigma, el mundo de las matemáticas*. Grijalbo Mondadori.
- Newman, S. y Bhat, R. (2011). Lamarck's dangerous idea. En S. B. Gissis y E. Jablonka (Eds.), *Transformations of Lamarckism. From Subtle Fluids to Molecular Biology*. The MIT Press.
- Newman, S. y Müller, G. (2000). Epigenetic mechanisms of character origination. *Journal of Experimental Zoology*, 288(4), 304-317. 10.1002/1097-010X(20001215)288:4<304::AID-JEZ3>3.0.CO;2-G
- Newman, W. (2006). *Atoms and Alchemy: Chymistry and the Experimental Origins of the Scientific Revolution*. University of Chicago Press.
- Newton, I. (1730). *Opticks. Or, A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*. W. Innys.
- Nitecki, M. (Ed.). *Evolutionary Progress*. Chicago University Press.
- Nordenskiöld, E. (1935). *The History of Biology: A Survey*. Alfred A. Knopf.
- Odum, H. (1983). *System Ecology*. Wiley Interscience.

- Odum, H. (1988). Self-organization, transformity and information. *Science*, 242(4882), 1132-1139. 10.1126/science.242.4882.1132
- Odum, H. (1994). *Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology*. University Press of Colorado.
- Odum, H. (1996). *Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making*. John Wiley & Sons.
- Ogryzko, V. (1997). A quantum-theoretical approach to the phenomenon of directed-mutations in bacteria (Hypothesis). *BioSystems*, 43(2), 83-95. 10.1016/s0303-2647(97)00030-0
- Ogryzko, V. (2009a). On two quantum approaches to adaptive mutations in bacteria. *NeuroQuantology*, 7(4), 253. 10.14704/nq.2009.7.4.253
- Ogryzko, V. (2009b). Quantum information processing at the cellular level. Euclidean approach. [arxiv.org/abs/0906.4279](http://arxiv.org/abs/0906.4279)
- Oyama, S. (2000). *The Ontogeny of Information. Developmental Systems and Evolution*. Duke University Press.
- Oyama, S., Griffiths, P. y Gray, R. D. (Eds.). (2001). *Cycles of Contingency. Developmental Systems and Evolution*. The MIT Press.
- Packard, A. S. (1901). *Lamarck, the Founder of Evolution: His Life and Work*. Longmans Green.
- Panitchayangkoon, G., Hayes, D., Fransted, K. A., Caram, J. R., Harel, E., Wen, J., Blankenship, R. E. y Engel, G. S. (2010). Long-lived quantum coherence in photosynthetic complexes at physiological temperature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(29), 12766-12770. 10.1073/pnas.1005484107
- Peirce, C. (1878a). How to make our ideas clear. *Popular Science*, 12, 286-302.
- Peirce, C. (1878b). The fixation of belief. *Popular Science*, 12, 1-15.
- Peirce, C. (1891). The architecture of theories. *The Monist*, 1, 161-176.
- Peirce, C. (1892a). Man's glassy essence. *The Monist*, 3, 1-22.
- Peirce, C. (1892b). The doctrine of necessity examined. *The Monist*, 2, 321-337.
- Peirce, C. (1892c). The law of mind. *The Monist*, 2-4, 533-559.
- Peirce, C. (1893). A reply to the necessitarians: Rejoinder to Dr. Carus. *The Monist*, 3-4, 526.
- Peirce, C. (1931-1958). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. Harvard University Press.
- Pigliucci, M. (2007). Do we need an extended evolutionary synthesis? *Evolution*, 61(12), 2743-2749. 10.1111/j.1558-5646.2007.00246.x

- Pigliucci, M. y Müller, G. (Eds.). (2010). *Evolution, the Extended Synthesis*. The MIT Press.
- Pigliucci, M. y Schlichtig, C. (1998). *Phenotypic Evolution. A Reaction Norm Perspective*. Sinauer Associates.
- Pinker, S. (2011). *The Better Angels of our Nature: The Decline of Violence in History and its Causes*. Penguin.
- Platón. Timeo o de la naturaleza. En *Diálogos*. Porrúa. (1984).
- Popper, K. (1968). *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. Harper Torchbooks.
- Popper, K. (1976). *Unended Quest: An Intellectual Autobiography*. Collins.
- Portmann, A. (1990). *Essays in Philosophical Zoology by Adolf Portmann. The Living Form and Seeing Eye*. Edwin Mellen.
- Poser, H. (Ed.). (2001). *Nihil Sine Ratione: Mensch, Natur und Technik im Wirken von G. W. Leibniz*. Nachtragsband.
- Prigogine, I. y Stengers, I. (1984). *Order out of Chaos. Man's New Dialogue with Nature*. Bantam Books.
- Prigogine, I. y Stengers, I. (1997). *The End of Certainty: Time, Chaos and the New Laws of Nature*. The Free Press.
- Prud-Homme, B. y Gompel, N. (2010). Evolutionary biology: Genomic hourglass. *Nature*, 468(7325), 768-769. 10.1038/468768a
- Putnam, H. (1981). *Reason, Truth and History*. Cambridge University Press.
- Pyle, A. (2009). Malebranche on animal generation: Preexistence and the microscope. En J. E. H. Smith (Ed.), *The Problem of Animal Generation in Early Modern Philosophy*. Cambridge University Press. 10.1017/CBO9780511498572.010
- Radl, E. (1988). *Historia de las teorías biológicas*. Alianza.
- Rapoport, D. (2011). Surmounting the Cartesian cut through Philosophy, Physics, Logic, Cybernetics and Geometry: Self-reference, torsion, the Klein bottle, the time operator, multivalued logics and quantum mechanics. *Foundations of Physics*, 41(1), 33-76. 10.1007/s10701-009-9334-5
- Relancio, A. (2009). La influencia de la biología en la monadología de Leibniz. *Thémata Revista de Filosofía*, 42, 155-182.
- Reynolds, A. (2002). *Peirce's Scientific Metaphysics. The Philosophy of Chance, Law and Evolution*. Vanderbilt University Press.
- Richards, R. (1998). *El significado de la evolución. La construcción morfológica y la reconstrucción ideológica de la teoría de Darwin*. Alianza.

- Riedl, R. (1983). *Biología del conocimiento. Los fundamentos filogenéticos de la razón*. Labor Universitaria.
- Rioja, A. (1992). La filosofía de la complementariedad y la descripción objetiva de la naturaleza. *Revista de Filosofía*, 8, 257-282.
- Roederer, J. (2005). *Information and its Role in Nature*. Springer.
- Roger, J. (1963). *Les sciences de la vie dans la pensée française du XVIII<sup>e</sup> siècle*. Armand Colin.
- Root-Bernstein, R. (2002). Molecular complementarity III. Peptide complementarity as a basis for peptide receptor evolution: A bioinformatic case study of insulin, glucagon and gastrin. *Journal of Theoretical Biology*, 218(1), 71-84. 10.1006/jtbi.2002.3056
- Root-Bernstein, R. y Dillon, P. (1997). Molecular complementarity I. The complementarity theory of the origin and evolution of life. *Journal of Theoretical Biology*, 188(4), 447-479. 10.1006/jtbi.1997.0476
- Rosen, R. (2000). *Essays on Life Itself*. Columbia University Press.
- Ruiz, R. y Ayala, F. (2002). *De Darwin al DNA y el origen de la humanidad: La evolución y sus polémicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Ruse, M. (1975). Charles Darwin and artificial selection. *Journal of the History of Ideas*, 36(2), 339-350. 10.2307/2708932
- Russell, B. (1960). *La sabiduría de Occidente*. Aguilar.
- Russell, E. (1948). *La finalidad de las actividades orgánicas*. Espasa Calpe.
- Salazar-Ciudad, I., Jernvall, J. y Newman, S. (2003). Mechanisms of pattern formation in development and evolution. *Development*, 130(10), 2027-2037. 10.1242/dev.00425
- Salthe, S. (1993). *Development and Evolution. Complexity and Change in Biology*. The MIT Press.
- Salthe, S. (1999). Energy, development, and semiosis. En E. Taborsky (Ed.), *Semiosis, Evolution, Energy: Towards a Reconceptualization of the Sign*. Shaker.
- Salthe, S. (2001). Theoretical biology as an anticipatory text: The relevance of Uexküll to current issues in evolutionary systems. *Semiotica*, 134(1/4), 359-380. 10.1515/semi.2001.033
- Saunders, P. (1993). The organism as a dynamical system. En F. Varela y W. Stein (Eds.), *Thinking about Biology*. Addison Wesley.
- Scherrer, K. y Jost, J. (2007). Gene and genon concept: Coding versus regulation. A conceptual and information theoretic analysis of genetic storage and expression in the light of modern molecular biology. *Theory Bioscience*, 126(2/3), 65-113. 10.1007/s12064-007-0012-x
- Schilpp, P. A. (Ed.). (1969). *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. Open Court.



- Schneider, E. y Kay, J. (1994). Life as a manifestation of the second law of thermodynamics. *Mathematical and Computer Modelling*, 19(6-8), 25-48. 10.1016/0895-7177(94)90188-0
- Schneider, E. y Sagan, D. (2005). *Into the Cool. Energy Flow, Thermodynamics and Life*. University of Chicago Press.
- Schönberger, M. (1992). *The I Ching and the Genetic Code: The Hidden Key to Life*. Aurora Press.
- Schrödinger, E. (1944). *What is Life?* Cambridge University Press.
- Schrödinger, E. (1990). *Mente y materia*. Tusquets.
- Schrödinger, E. (2001). *¿Qué es la vida?* Tusquets.
- Seager, W. (Ed.). (2018). *The Routledge Handbook on Panpsychism*. Routledge.
- Sequeiros, L. (2001). El geocosmos de Athanasius Kircher: Una imagen organicista del mundo en las ciencias de la naturaleza del siglo xvii. *Llull*, 24, 755-807.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379-423, 623-656.
- Shapiro, J. (2013). How life changes itself: The read-write (RW) genome. *Physics of Life Reviews*, 10(3), 287-323. 10.1016/j.plrev.2013.07.001
- Short, T. (2002). Darwin's concept of final cause: Neither new nor trivial. *Biology and Philosophy*, 17(3), 323-340. 10.1023/A:1020173708395
- Simon, H. (1969). *The Sciences of the Artificial*. The MIT Press.
- Simondon, G. (2015a). Forma, información y potenciales. En *La individuación a la luz de las nociones de forma e información*. Cactus.
- Simondon, G. (2015b). *La individuación a la luz de las nociones de forma e información*. Cactus.
- Slack, J. M. W. (2002). Conrad Hal Waddington: The last Renaissance biologist? *Nature Reviews Genetics*, 3, 889-895. 10.1038/nrg933
- Smith, E. y Morowitz, H. (2016). *The Origin and Nature of Life on Earth: The Emergence of the Fourth Geosphere*. Cambridge University Press.
- Smith, J. (2002). Leibniz's preformationism: Between metaphysics and biology. *Analecta Husserliana*, 77, 161-192.
- Smith, J. (2011). *Divine Machines: Leibniz and the Sciences of Life*. Oxford University Press.
- Smith, J. E. H. (Ed.). (2006). *The Problem of Animal Generation in Early Modern Philosophy*. Cambridge University Press.
- Smolin, L. (1992). Did the universe evolve? *Classical and Quantum Gravity*, 9, 173-191. 10.1088/0264-9381/9/1/016

- Smolin, L. (2008). *The Status of Cosmological Natural Selection*. Perimeter Institute for Theoretical Physics, University of Waterloo.
- Sotolongo, P. y Delgado, C. (2006). *La revolución contemporánea del saber y la complejidad social. Hacia unas ciencias sociales de nuevo tipo*. Clacso.
- Stapp, H. (2001). Quantum theory and the role of mind in nature. *Foundations of Physics*, 31(10), 1465-1499. 10.1023/A:1012682413597
- Stapp, H. (2005). Quantum interactive dualism: An alternative to materialism. *Journal of Consciousness Studies*, 12(11), 43-58.
- Stapp, H. (2009). *Mind, Matter and Quantum Mechanics*. Springer.
- Stein, W. y Varela, F. (Eds.). (1993). *Thinking about Biology. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Lecture Notes III*. Addison Wesley.
- Stewart, I. (1999). *Life's Other Secret: The New Mathematics of the Living World*. Wiley.
- Stewart, M. (2006). *The Courtier and the Heretic. Leibniz, Spinoza and the Fate of God in the Modern World*. Norton & Company.
- Stoiljkovich, D. (2014). *Roger Boscovich. The Founder of Modern Science*. Petnica Science Center.
- Swenson, R. (1989). Emergent attractors and the law of maximum entropy production: Foundations to a theory of general evolution. *Systems Research*, 6, 187-197. 10.1002/sres.3850060302
- Swenson, R. (1997). Autocatakinetics, evolution and the law of maximum entropy production: A principled foundation towards the study of human ecology. *Advances in Human Ecology*, 6, 1-46.
- Swenson, R. (2000). Spontaneous order, autocatakinetic closure, and the development of space-time. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 901(1), 311-319. 10.1111/j.1749-6632.2000.tb06290.x
- Szathmáry, E. (1993a). Coding coenzyme handles: A hypothesis for the origin of the genetic code. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences*, 90(21), 9916-9920. 10.1073/pnas.90.21.9916
- Szathmáry, E. (1993b). The origin of the genetic code: Amino acids as cofactors in an RNA world. *Trends in Genetics*, 15(6), 223-229. 10.1016/s0168-9525(99)01730-8
- Taborsky, E. (Ed.). (1999). *Semiosis, Evolution, Energy: Towards a Reconceptualization of the Sign*. Shaker.
- Tegmark, M. (2000). The importance of quantum decoherence in brain processes. *Physical Review A*, 61, 4194-4206. 10.1103/PhysRevE.61.4194

- Theodossiou, E., Mantarakis, P., Dimitrijevic, M. S., Manimanis, V. N. y Danezis, E. (2011). From the infinity (Apéiron) of Anaximander in Ancient Greece to the theory of infinite universes in modern cosmology. *Astronomical and Astrophysical Transactions*, 27(1), 162-176.
- Thom, R. (1977). *Stabilité structurelle et morphogénèse*. InterÉditions.
- Thom, R. (1989). An inventory of Waddington concepts. En B. Goodwin y P. Saunders (Eds.), *Theoretical Biology: Epigenetic and Evolutionary Order from Complex Systems*. Edinburgh University Press.
- Thompson, D'A. W. (1942). *On Growth and Form*. Cambridge University Press.
- Trewavas, A. (1999). How plants learn. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(8), 4216-4218. 10.1073/pnas.96.8.4216
- Uchii, S. (2009). An informational interpretation of Monadology. En C. Glymour, W. Wei y D. Westerståhl (Eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science*. Proceedings of the 13th International Congress. College Publications.
- Uchii, S. (2015). *Monadology, Information, and Physics, Part 2: Space and Time*.
- Uexküll, J. (1926). *Theoretical Biology*. Harcourt, Brace & Co.
- Uexküll, J. (1957). A stroll through the worlds of animals and men: A picture book of invisible worlds. En C. H. Schiller (Ed.), *Instinctive Behavior: The Development of a Modern Concept*. International Universities Press.
- Uexküll, J. (1982). The theory of meaning. *Semiotica*, 42(1), 25-82. 10.1515/semi.1982.42.1.25
- Uexküll, J. (2014). *Cartas biológicas a una dama*. Cactus Perenne. (1920).
- Ulanowicz, R. (2009). *A Third Window: Natural Life beyond Newton and Darwin*. Templeton Foundation Press.
- Ulanowicz, R. y Hannon, B. (1987). Life and the production of entropy. *Proceedings of the Royal Society B*, 232(1267), 181-192. 10.1098/rspb.1987.0067
- Vedral, V. (2010). *Decoding Reality: The Universe as Quantum Information*. Oxford University Press.
- Venel, G. F. (1753). *Chimie de Rouelle*. En D. Diderot y J. D'Alembert (Eds.), *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers par une société de gens de lettres*.
- Wächterhäuser, G. (1990). Evolution of the first metabolic cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87(1), 200-204. 10.1073/pnas.87.1.200
- Wächterhäuser, G. (1997). Methodology and the origin of life. *Journal of Theoretical Biology*, 187(4), 483-494.

- Waddington, C. (1957). *The Strategy of the Genes*. George Allen & Unwin.
- Waddington, C. (1961). Genetic assimilation. *Advances in Genetics*, 10, 257-293. 10.1016/S0065-2660(08)60119-4
- Waddington, C. (1976a). *Hacia una biología teórica*. Alianza.
- Waddington, C. (1976b). Las ideas básicas de la biología. En *Hacia una biología teórica*. Alianza.
- Wagner, G. P. y Draghi, J. (2010). Evolution of evolvability. En M. Pigliucci y G. Müller (Eds.), *Evolution, the Extended Synthesis*. The MIT Press.
- Wallace, A. (1997). *The Origin of Animal Body Plans. A Study in Evolutionary Developmental Biology*. Cambridge University Press.
- Weinberg, S. (1993). *The First Three Minutes*. Basic Books.
- West-Eberhardt, M. (1989). Phenotypic plasticity and the origins of diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20(1), 249-278. 10.1146/annurev.ecolsys.20.1.249
- West-Eberhardt, M. (2003). *Developmental Plasticity and Evolution*. Oxford University Press.
- Westfall, R. (2000). *Isaac Newton: Una vida*. Cambridge University Press.
- Wheeler, J. (1990). Information, physics, quantum: The search for links. En W. Zurek (Ed.), *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, vol. 8. Addison Wesley.
- Whitehead, A. (1969). *Process and Reality*. Macmillan.
- Whyte, L. (1965). *Internal Factors in Evolution*. Tavistock Publications.
- Williamson, D. (2012). The origins of chordate larvae. *Cell and Developmental Biology*, 1(101), 1-10. 10.4172/2168-9296.1000101
- Wimsatt, W. (1976). Reductionism, levels of organization and the mind-body problem. En G. Globus, G. Maxwell e I. Savodnik (Eds.), *Consciousness and the Brain: A Scientific and Philosophical Inquiry*. Plenum Press.
- Wimsatt, W. (1994). The ontology of complex systems: Levels of organization, perspectives, and causal thickets. *Canadian Journal of Philosophy*, 20, 207-274. 10.1080/00455091.1994.10717400
- Wimsatt, W. y Schank, J. (1988). Two constraints on the evolution of complex adaptations and the means for their avoidance. En M. Nitecki (Ed.), *Evolutionary Progress*. Chicago University Press.
- Wong, J. T.-F. (1975). A coevolution theory of the genetic code. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 72(5), 1909-1912. 10.1073/pnas.72.5.1909

- Wong, J. T.-F. (1981). Co-evolution of genetic code and amino acid biosynthesis. *Trends in Biochemical Sciences*, 6, 33-36. 10.1016/0968-0004(81)90013-X
- Wong, J. T.-F. (1988). Evolution of the genetic code. *Microbiological Science*, 5(6), 174-181.
- Woolhouse, R. y Francks, R. (1997). *Leibniz's "New System" and Associated Contemporary Texts*. Clarendon Press.
- Zammito, J. (1992). *The Genesis of Kant's Critique of Judgment*. University of Chicago Press.
- Zurek, W. (1989a). Algorithmic randomness and physical entropy. *Physical Review A*, 40(8), 4731-4751. 10.1103/PhysRevA.40.4731
- Zurek, W. (1989b). Thermodynamic cost of computation, algorithmic complexity and the information metric. *Nature*, 341, 119-124.
- Zurek, W. (1990a). Algorithmic information content, Church-Turing thesis, physical entropy, and Maxwell's demon. En W. Zurek (Ed.), *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, vol. 8. Addison Wesley.
- Zurek, W. (Ed.). (1990b). *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*. Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, vol. 8. Addison Wesley.
- Zurek, W. (2002). Decoherence and the transition from quantum to classical – Revisited. *Los Alamos Science*, 27.
- Zurek, W. (2003). Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical. *Reviews of Modern Physics*, 75(3), 715- 775. 10.1103/RevModPhys.75.715
- Zurek, W. (2004). Quantum Darwinism and enviance. En J. Barrow, P. Davies y C. W. Harper (Eds.), *Science and Ultimate Reality. Quantum Theory, Cosmology, and Complexity*. Cambridge University Press.
- Zurek, W. (2009). Quantum Darwinism. *Nature Physics*, 5(3), 181-188.
- Zwolak, M., Quan, H. y Zurek, W. (2009). Quantum Darwinism in a mixed environment. *Physical Review Letters*, 103(11), 110402. 10.1103/PhysRevLett.103.110402

ESTE LIBRO SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ  
EL DÍA XXI DE ABRIL DEL AÑO MMXXII.

PARA ESTA EDICIÓN SE USARON LAS FAMILIAS TIPOGRÁFICAS ANCIZAR SERIF A 10 PUNTOS  
Y ACHERUS GROTESQUE DE 12 A 40 PUNTOS.

EL FORMATO DE ESTE EJEMPLAR ES 17 X 24 CENTÍMETROS.  
LA CUBIERTA ESTÁ IMPRESA EN PROPALCOTE DE 300 GRAMOS DE BAJA DENSIDAD  
Y LAS PÁGINAS INTERIORES, EN PAPEL BOND BAHÍA DE 90 GRAMOS.

Este texto recorre la historia del pensamiento y la ciencia occidentales para justificar la necesidad de una nueva filosofía de la naturaleza que nos permita entender nuestro papel en un universo impredecible, rico en potencialidades que se ponen de manifiesto en la gran diversificación e integración de las formas existentes. Las ideas de los antiguos griegos sobre la materia y la vida, los sistemas de Leibniz y Kant, la controversia Lamarck-Darwin, la termodinámica de los sistemas jerárquicamente organizados, ciertas interpretaciones de la mecánica cuántica, y la llamada “ley de la mente” de Peirce son algunos de los hitos que el autor analiza a la luz de un concepto de *información* del cual resalta los aspectos semánticos y pragmáticos. Su propuesta apunta a interpretar el universo y los subsistemas que lo conforman como agencias captadoras, creadoras, procesadoras y usuarias de información, en un entramado más o menos armonioso de correspondencias funcionales. A la vez, invita a entender lo humano como una ocurrencia circunscrita a un espacio y tiempo delimitados en los que participamos, para bien y para mal, de la dinámica creadora de un universo multiforme.

*This text reviews the history of Western thought and science to justify the need for a new philosophy of nature that allows us to understand our role in an unpredictable universe, rich in potentialities that are revealed in the great diversification and integration of existing forms. The ideas of the ancient Greeks on matter and life, Leibniz' and Kant's systems, the Lamarck-Darwin controversy, the thermodynamics of hierarchically organized systems, certain interpretations of quantum mechanics, and Pierce's so-called “law of mind” are some of the milestones that the author analyzes in the light of a concept of information from which he highlights the semantic and pragmatic aspects. His proposal aims to interpret the universe and the subsystems that make it up as agencies that capture, create, process and use information, in a more or less harmonious framework of functional correspondences. At the same time, it invites us to understand the human as an occurrence circumscribed to a limited space and time in which we participate, for better or for worse, in the creative dynamics of a multiform universe.*



9 789587 392562



UNIVERSIDAD  
**EL BOSQUE**

Editorial



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA