

Carlos Eduardo Maldonado

Complejidad como indeterminación

Resumen: *Este artículo sostiene que la complejidad consiste en un acto o proceso de indeterminación. Ahora bien, pensar en indeterminación consiste en un proceso de reencantamiento del mundo, una idea central en las ciencias de la complejidad. Para ello, elabora un breve estado del arte sobre el indeterminismo, una posición extremadamente minoritaria en ciencia y en filosofía. Este trabajo explora las dimensiones y alcances de la indeterminación y destaca dos: la indeterminación como ecología, y la indeterminación como la ausencia de tiempo. El resultado es un cuadro contraintuitivo del mundo y el universo que permite comprender exactamente en qué consiste la complejidad de la vida y de la naturaleza.*

Palabras clave: *Indeterminismo, naturaleza, un mundo sin tiempo, reencantamiento del mundo, vida, una nueva civilización en emergencia*

Abstract: *This paper claims that complexity consists in a process by which the world and the universe can be indeterminated. Now, thinking about indeterminism consists, in other words, in reenchanted the world, a core idea in the center of complexity theory. Consequently, a brief state-of-the-art about indeterminism is sketched out, while point out that indeterminism is an extremely rare position both in science and philosophy. This paper explores the dimensions and reach of indeterminism, and highlights two, namely indetermination as ecology, and*

indetermination as the absence of time. The outcome is a counterintuitive picture of the world and the universe that allows understanding exactly what the complexity of life and nature consist of.

Key Words: *Indeterminism, nature, a timeless world, reenchanted the world, life, an emerging new civilization*

Introducción

Este texto se propone presentar y discutir una tesis fuerte: pensar, trabajar y vivir en términos de complejidad equivale a saber, enfrentarse y convivir en y como indeterminación. Una idea manifiestamente contraintuitiva; particularmente en el marco de la historia de Occidente, pero también en la bibliografía sobre complejidad. Para ello, en primer lugar, se presentan algunos antecedentes de la idea de indeterminación. Sobre esta base, se discute en qué consiste la indeterminación, ya en el núcleo de la complejidad, sobre cuya base, finalmente, se presentan algunas conclusiones abiertas. La tesis enunciada comporta un problema, a saber: debe ser posible indeterminar el mundo, la vida, el universo. Esta posibilidad es tanto epistémica como práxica. En esta posibilidad se encuentran las simientes, quiero decirlo, de una nueva civilización, en toda la línea de la palabra.



Toda la historia de la ciencia, la filosofía y la cultura occidentales ha sido la historia de determinismos y determinaciones. En este sentido, el principio de causalidad ha sido central, y con él, al mismo tiempo, el principio de tercero excluido, según el cual es imposible que una cosa sea algo y otra cosa al mismo tiempo. La consecuencia es inmediata: se trata de un pensar y vivir en términos analíticos. Occidente ha sido una civilización analítica, y por consiguiente tautológica, que le tiene pánico a las contradicciones y a la indeterminación. K. Gödel fue el primero que dejó este hecho en evidencia. Occidente todo necesita determinarlo; a como dé lugar.

En contraste con la tradición determinista, existe y es posible también, una historia del indeterminismo; sólo que se trata de una posición extremadamente minoritaria en la ciencia tanto como en filosofía. En términos genéricos, se trata de una historia de la filosofía del indeterminismo (cfr. Páginas web, al final); con todo y que es una breve historia, aunque con implicaciones y afirmaciones fuertes; particularmente cuando se la mira con los ojos de la tradición, esto es, de la normalidad.

La historia del determinismo es la historia de la causalidad, de búsqueda de seguridades y certezas, comienzos y finales, auges y decadencias, regularidades y periodicidades siempre, en fin, *impliciter*, la historia del ser humano como centro y referencia a sí mismo. Con una variación u otra, con un matiz, en fin, con algún claroscuro o *degradé*, pero siempre la afirmación de un mismo y solo motivo. Digámoslo, en otros términos: la historia de las determinaciones es exactamente la historia del control y la manipulación. En contraste, quiero sugerirlo, encontramos hoy y hacia adelante una historia abierta en la que el control se suprime y da lugar a grados de libertad. La complejidad consiste y coincide con grados de libertad; esencialmente abiertos, e ilimitados.

Pensar la indeterminación equivale, por ejemplo, a pensar la vastedad del universo –que es inmensamente grande, inimaginable-, y otros ámbitos que lo superan y los desbordan. Y no en última instancia, se trata de pensar un mundo sin tiempo.

Pues bien, la tesis que quiero sostener con este texto sostiene que pensar –y vivir– en correspondencia con la indeterminación equivale exactamente a pensar como la naturaleza, y vivir acorde a ella. Una idea difícil, cuando se la mira con los ojos de la ciencia normal y de la cultura imperante. La naturaleza posee múltiples, ilimitadas formas, y no termina de tener una forma mejor que otras, no una forma por encima de otras. La naturaleza es esencialmente *in-formada*. Este es un tema, apasionante, en matemáticas –morfología matemática, basada en teoría de conjuntos, teoría de latices, topología y funciones aleatorias-, y en biología –de morfología y morfogénesis-. Como bien ha señalado Kauffman, *there is order for free* (hay orden gratuito, C.E.M.) (Kauffman 1995). Este es, sin lugar a dudas, el rasgo más importante del universo. El orden gratuito en el universo es el resultado de procesos de autoorganización o, lo que es equivalente aquí, de autopoiesis.

El orden –las formas y estructuras-, son abundantes y prácticamente infinitas; en cualquier caso, ilimitadas. Sin embargo, la naturaleza no se agota en alguna o en cualquiera de sus formas, expresiones y estructuras. A la limite, pensar la naturaleza –el universo, si se quiere-, consiste en pensar indeterminaciones. La naturaleza es el proceso, abierto e inacabado de permanente *in-formación*, mediante el cual una forma va dando lugar a otra u otras, y se transforma indefinidamente en una variedad ilimitada. Las formas –esto es, cada forma particular- constituyen, en verdad, casos límites o particulares de la indefinición, la indeterminación, la ilimitación.

La tesis enunciada se soporta en tres argumentos. El primero es una especie de estado del arte sobre la indeterminación. Se presentan en la primera sección los antecedentes de la misma. El segundo argumento sostiene que la complejidad consiste en un reencantamiento del mundo, y por ello precisamente la indeterminación tiene todo el sentido del mundo. La tercera sección constituye el centro de este trabajo consistente en una exploración acerca de las dimensiones y los alcances de la indeterminación. Al final se extraen algunas conclusiones.

1. Antecedentes de la indeterminación

El primero de los antecedentes del indeterminismo se encuentra en Anaximandro de Mileto, el filósofo presocrático que vivió entre el siglo VII y VI a.e.v. (610-9; 547-6). Anaximandro es el primero de los filósofos que habla de un principio (*arché*), y éste es el *apeiron*, cuya traducción equivale tanto a infinito e indeterminación, como a ausencia de barreras, y sin límites, indefinición. Tal es el origen de todos los cielos y los universos (Mondolfo 1964). Consiguientemente, el infinito (*apeiron*) carece de un principio o comienzo o primordial; es inengendrado e indestructible (Gigon 1971; Freely 2021). Sorpresivamente, toda la historia posterior consiste en un olvido de la tesis de Anaximandro y en un sistemático proceso de determinaciones de toda índole; hasta la fecha.

La idea o el concepto —el «principio» del *apeiron*, si se traduce como infinito, es absolutamente singular entre los griegos, y no aparecerá en la historia de la humanidad hasta N. de Cusa y G. Bruno, a quien lo costará la vida. La antigüedad griega y romana y el medioevo no supieron jamás de infinito; tanto menos de indeterminación. Es una idea singular que emerge, con muchas dificultades a comienzos de la modernidad (Koyré 2017), pero que no terminará de sedimentarse propiamente hasta la aparición de la mecánica cuántica.

En efecto, no sin alguna señal —tenu- o algún signo —tímido- aquí y allá en la historia-, cuyos detalles omito deliberadamente, el paso siguiente en una historia o antecedentes claros sobre la indeterminación es W. Heisenberg, con un artículo singular publicado en 1927: «Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik» (Heisenberg 1927), («Acerca del contenido intuitivo de la mecánica y la cinemática de la mecánica cuántica») en el que enuncia el principio de indeterminación, que, de manera equívoca, ha sido traducido e interpretado como incertidumbre. Una observación puntual se impone.

La indeterminación comporta un dúplice rasgo: de un lado, un distanciamiento fuerte con respecto a la creencia en la causalidad; al fin y

al cabo, las causas son deterministas o determinadas y determinan a los efectos, de tal suerte que un efecto carece de cualquier libertad; de otra parte, al mismo tiempo, la indeterminación implica abrirle la puerta al papel de la aleatoriedad, algo que queda prácticamente proscrito en la «historia oficial» de Occidente. Con Heisenberg, pensar la indeterminación significa exactamente que es imposible establecer al mismo tiempo un lugar y la dirección de una partícula o un fenómeno. Explícitamente, con Heisenberg accedemos, por primera vez, a una epistemología de la imposibilidad (Maldonado 2021). Debemos y podemos pensar en imposibilidades, no ya, contra toda la tradición que se inaugura en la Grecia antigua, pensar lo real, lo que es.

El tercer antecedente de la indeterminación es la obra de Cantor, y específicamente el descubrimiento del Aleph cero - \aleph_0 ; esto es, la idea de infinito, y con él, el descubrimiento, perfectamente contraintuitivo, de que hay infinitos infinitos, infinitos más grandes que otros, e infinitos más pequeños que otros. Puntualmente dicho, el verdadero universo de la teoría de conjuntos no puede ser un conjunto. No hay un conjunto de todos los conjuntos. Técnicamente, el tema es el de los números transfinitos (Cantor 2022). En otras palabras, Cantor deja en claro que los números reales son más que los números naturales. El mundo de las matemáticas nos pone cara a cara, sin más con la idea de indeterminación, gracias a Cantor.

Pues bien, en estrecha relación con este antecedente, el teorema de la incompletud de Gödel emerge como un cuarto antecedente. «No puede negarse la existencia de un fuerte paralelismo entre la indeterminación (“incertidumbre”)¹ de Heisenberg y la incompletud de Gödel» (Yourgrau 2007, 180). Gödel demuestra expresamente la vacuidad y el sinsentido de la autorreferencia. La más fuerte crítica jamás realizada a la estructura mental occidental proviene de Gödel: el pensar occidental ha sido distintivamente tautológico (Nagel y Newman 2007) y por tanto autorreferencial. Exactamente por esta razón, el pensar occidental ha sido inconsistente, que es el término lógico para decir que se ha tratado de un estilo de pensamiento —y por tanto de vida— perfectamente vacuo (Wang 1990).

Posteriormente a las contribuciones de Cantor, Heisenberg y Gödel, algunos antecedentes importantes de la indeterminación se encuentran, respectivamente, en los trabajos de Eddington y de Gell-Mann, sin que, sin embargo, el tema sea, ni mucho menos, el eje central de sus investigaciones. Mucho más significativo es el debate que J. Monod emprende en el ya clásico libro sobre *Azar y Necesidad*, justamente en la discusión sobre los espacios, balances, simetrías y asimetrías entre la necesidad y el azar (Monod 2016). Como es sabido, Monod resuelve la tensión entre azar y necesidad en términos de teleonomía, una idea contra la cual, por lo demás, se rebela F. Jacob, poniendo expresamente de manifiesto que la evolución no obedece a ningún programa, sino, que es chapucera, improvisa continuamente, y opera a la manera del bricolaje (Jacob 1982). Mucho más central es todo el trabajo de I. Prigogine —uno de los padres de las ciencias de la complejidad— en torno a la termodinámica de los sistemas alejados del equilibrio. De manera significativa, Prigogine formula la idea de una *física del devenir* (Prigogine 1980); ésta está guiada por el papel —¡creativo!— de la aleatoriedad. Sin embargo, de manera precisa y abierta, es en *El fin de las certidumbres* (Prigogine, 1997) donde acoge y expone el final de la búsqueda de certezas y seguridades, y la posibilidad de pensar, dicho sin más, en procesos. En esto consiste la complejidad.

Ahora bien, mi finalidad aquí no es elaborar una historia del indeterminismo y la indeterminación. Una historia del indeterminismo coincide con la misma historia acerca del papel del azar. El azar, que es el más difícil de todos los problemas, psicológica, emocional y epistemológicamente hablando. Un tema, por definición, indómito.

Como quiera que sea, lo cierto es que cuanto más sabemos acerca del universo y el mundo, tanto menos plausible resulta cualquier tipo de determinismo epistémico u ontológico, y tanto mayormente plausible resulta el indeterminismo. El título grueso del problema estriba en la formulación de la pregunta sobre si el universo se rige por leyes deterministas, que es la creencia más acendrada y antigua de todas en la historia de la humanidad occidental. Si tal es el caso, la

ciencia, simple y llanamente, debe darse, entonces, a la tarea de descubrir dichas leyes. Y la existencia de cada quien simplemente sucede a lo que digan las leyes establecidas. La mecánica estadística emerge, así, como la expresión más acabada del determinismo.

Quisiera subrayar una idea: las ciencias de la complejidad no tienen absolutamente nada que ver con la ciencia clásica y, de consuno, con la racionalidad occidental. La manera puntual de reconocer esto consiste en sostener que la complejidad se define como la antípoda del dualismo, el determinismo, el reduccionismo y el mecanicismo, los cuatro rasgos centrales definitorios de la ciencia, la filosofía y la racionalidad occidentales.

La (verdadera) puerta de acceso a la complejidad es la impredecibilidad, los cambios súbitos, incontrolados e irreversibles, la no-linealidad, las emergencias, en fin, la presencia de catástrofes y transiciones de fase, para decirlo de manera resumida. En la cultura y en la ciencia *normales* los conceptos y las teorías sobre inestabilidad, turbulencias, fluctuaciones y perturbaciones permanecen ampliamente desconocidos. Lo que prima, abundantemente, en ciencia como en la vida social, son creencias (espurias) como: planeación, ley y legalidad, planificación, táctica y estrategia, planes y programas, misión y visión, liderazgo variopinto, y otros próximos y semejantes.

Como se aprecia sin dificultad, un mundo determinista es un mundo desencantado, en el que las determinaciones constituyen la primera y la última palabra, y todo lo demás es, si cabe decirlo, fuego fatuo. En contraste, hemos llegado, con la complejidad, al fin de las certidumbres (Prigogine 1997). Esta idea debe ser bien entendida. Con la complejidad no perdemos, en absoluto, las certezas, verdades y seguridades que alguna vez se alcanzaron. Además, y fundamentalmente, aprendemos la incertidumbre, el papel del azar. Y como quiero decirlo en este texto, la importancia de la indeterminación. Una magnífica revolución epistemológica, si cabe la expresión.

Ciertamente que el concepto de naturaleza es muy reciente. Como lo conocemos, verosímilmente es un invento o descubrimiento del

siglo XIX; dicho en general; y en particular, un invento o descubrimiento de Goethe (Goethe 2013) y de Humboldt (Wulf 2020). De hecho, la filosofía de la naturaleza permea a la ciencia y a la filosofía de los siglos XVIII y XIX.

Una cosa sí es clara. Propiamente hablando, el descubrimiento de la naturaleza es el resultado de una mentalidad organicista, muy bien representada por Goethe y por Humboldt, y cuyos orígenes se remontan a los pueblos bárbaros nórdicos y germanos (Heather 2010). Este organicismo habrá de ver la luz plenamente en el siglo XX gracias a los trabajos de von Foerster, G. Bateson y von Bertalanffy (Maldonado y Villar-Concha 2020a). Se trata de una visión organicista del mundo y de la realidad que permite quebrar, si cabe la expresión, el mecanicismo de la ciencia moderna. Hay que decir, evidentemente, que el organicismo permanece como una corriente subterránea y alternativa en los siglos XVIII y XIX hasta que irrumpe, triunfante, a partir del siglo XX, hasta la fecha. Como es sabido, la mecánica clásica no solamente desencantó el mundo al someterlo todo leyes implacables, sino, además, porque imponía a la geometría —desde luego, la euclídeana y sus derivados de los sólidos platónicos— como regla en el universo y en la realidad. Esto es, dicho en otras palabras, imponía tanto la visión de un mundo lineal, como jerárquico. Significativamente, el mismo siglo XIX conoce el descubrimiento de otras geometrías —llamadas genéricamente como no-euclidianas—, al albur del brote del organicismo; naturalmente, dos acontecimientos perfectamente independientes; pero contemporáneos. Dos traducciones distintas del organicismo son el pansiquismo o la pansemiosis —un capítulo de la biosemiótica—, y ambas denotan que el universo exhibe rasgos de inteligencia propios o bien que hay procesos de creación, interpretación y transformación de signos, señales, códigos y mensajes en la naturaleza misma. (Cfr. Kauffman 2016; Hoffmeyer 2008)

En cualquier caso, quiero sugerir que el abanico amplio de ciencias y disciplinas, de enfoques y comprensiones que caracteriza a las ciencias de la complejidad constituyen, directa e indirectamente, el conjunto de los mejores antecedentes de la indeterminación, algo que, sin embargo, no ha sido nunca puesto de manifiesto

explícitamente en la bibliografía especializada. Se trata, en primer lugar, del estudio de los fenómenos, sistemas y dinámicas caóticos, que ponen en evidencia la futilidad de la predicción; o bien, mucho mejor la existencia de la impredecibilidad. Indeterminar consiste, si cabe el neologismo, en impredecir; esto es, en reconocer que los sistemas complejos —léanse la vida y el universo— son sensibles a las condiciones iniciales; en ellos lo importante no es, en absoluto el pasado. Correspondientemente carecen de cualquier regularidad, en cualquier acepción de la palabra. Impredecir impone adoptar una estructura de mente abierta, y no reducir, en absoluto, lo que sucede a lo que ha acontecido; y que lo sucede habrá de tener efectos perfectamente insospechados.

En otras palabras, el reconocimiento de la indeterminación marca el final de las certidumbres y certezas (Prigogine 1993a). En pocas palabras, nos hemos abierto, muy recientemente, a la posibilidad, por decir, lo menos, de las indeterminaciones, esto es, mucho mejor, de las irregularidades (Maldonado 2020b). Ahora bien, ¿en qué consiste, ya positiva o afirmativamente la indeterminación? Veamos.

2. La complejidad como reencantamiento del mundo

M. Weber fue el primero, con tono claro y directo, en acusar el desencantamiento del mundo como resultado de la ciencia y la tecnología moderna, en una conferencia en 1917 (Weber 2002), un tema que retoma y desarrolla en sus trabajos sobre la sociología de la religión (Weber 1987). La ciencia moderna es la mecánica clásica, el imperio del mecanicismo y la consumación del determinismo que había nacido con la Grecia clásica; no en última instancia, se trata de la mecánica estadística. Se trata, para decirlo en otras palabras, del mundo altamente tecnificado y racionalizado en términos de costo-beneficio, eficiencia y eficacia, mucho control y afán por la predictibilidad. En general, un tema común a

autores tan distintos como Heidegger y la Escuela de Frankfurt (Martín 2018).

Un diagnóstico semejante sobre el desencantamiento del mundo como resultado de la estructura de la racionalidad moderna lo llevan a cabo (Prigogine y Stengers 2002). La ciencia moderna desencanta al mundo (Prigogine y Stengers 2002, 55 en adelante; Prigogine 1993a, 20 en adelante), frente a lo cual, sin ambages, plantean que la nueva alianza —esto es, la metamorfosis de la ciencia clásica en las nuevas ciencias de la complejidad—, no es otra cosa que un reencantamiento del mundo (Prigogine y Stengers 2002, 293 en adelante). Pues bien, dicho de manera puntual, el reencantamiento del mundo consiste en la metamorfosis misma de la ciencia, o bien, mucho mejor, en una *naturalización de la epistemología*, en sentido amplio.

Sería interesante trazar la historia fina del proceso de encantamiento que el mundo tenía antes de la ciencia moderna, pero ello desviaría la atención con respecto a los fines de este texto². Sin embargo, sin ambages, digamos que el mundo medieval es aun perfectamente pagano y que está habitado por encantamientos, embrujamientos y fascinaciones que se van a perder en la modernidad, por culpa de la propia Edad Media en general; y en particular debido a esa historia de oprobio, violencia y control que representaron los Sínodos, Cónclaves y Concilios a lo largo de la Edad Media que instauraron un régimen de sangre y fuego, como resultado del cual emerge, atravesando por el Renacimiento, la ciencia moderna, en un ambiente y psicología de miedo³. La ciencia moderna es el resultado del miedo, y nace desencantada, mecanicista, determinista (LeShan y Morgenau 2009).

La revolución científica que comportan las ciencias de la complejidad consiste, dicho exacta y puntualmente, en un reencantamiento del mundo; del mundo y de la vida, digamos. Este reencantamiento pasa por el descubrimiento de la vida, su tematización, su cuidado, exaltación y posibilitamiento, de un lado y, de otra parte, al mismo tiempo, precisamente por ello, en la capacidad para indeterminar la realidad y la existencia misma.

El reencantamiento del mundo consiste en situar a la vida en el centro de todas las miradas.

De manera puntual, en marcado contraste con la mecánica clásica, Schrödinger señala expresamente que los sistemas vivos se caracterizan porque, siendo sistemas físicos, no se reducen a la física; mucho mejor, los sistemas físicos se caracterizan de manera precisa por negar a la física; esto es, negar las leyes, las fuerzas, las inercias, que la física clásica estableció. El concepto técnico que empleó Schrödinger para caracterizar la irreductibilidad de los sistemas físicos a la física y su capacidad para negar la física, fue el de neguentropía; un concepto que apuntaba en la buena dirección, pero con el cual el propio Schrödinger jamás estuvo satisfecho (Schrödinger 2015). En el desarrollo del conocimiento y en el marco de las ciencias de la complejidad la mejor manera de expresar la neguentropía, es el de estructuras disipativas, un concepto acuñado por Prigogine (Prigogine 1980).

Pues bien, la vida misma carece de formas; esto es, carece de una forma específica y definitiva. La vida en general es esencialmente indeterminada. Como dos ejemplos puntuales, cabe señalar que el buen estudio de la biología, *lato sensu*, consiste en el reconocimiento expreso de que en biología *siempre* hay excepciones. En cualquier especie, de un organismo a otro, en un nicho ecológico. En cualquier plano, contexto, organismo o especie que se quiera considerar. Análogamente, como segundo ejemplo, el estudio de la ecología pone en evidencia que siempre existen matices, gradientes, diferencias, singularidades, y que nunca nada es igual, en absoluto a otro plano o contexto. La ecología es ciencia de multiplicidades, jamás de unicidad o de generalidades.

Quiero sugerir que, a la luz de la biología y de la ecología, el buen estudio de las ciencias sociales y humanas, de las humanidades tanto como de las ciencias de la salud arroja un resultado semejante, contra las generalizaciones de todo tipo. En verdad, el universo está constituido por excepcionalidades. Y es cada una de ellas lo que da qué pensar. En el lenguaje técnico de la complejidad, estas singularidades o excepciones se denominan, como metáfora, un *cisne negro*, y como concepto, un *evento raro*; esto es, altamente improbable. El concepto de «singularidad» ha sido acuñado recientemente para destacar de

manera puntual aquellos fenómenos, sistemas o comportamientos que verdaderamente dan qué pensar; y entonces se habla, entre otros usos, de singularidad tecnológica, singularidad cósmica, singularidad matemática, singularidad gravitacional.

Dicho en términos gruesos, lo anterior no es distinto a abrirle las puertas al azar, a la ausencia de control, a la indefinición, en fin, dicho de manera gruesa e importante, a la casualidad y, por consiguiente, un rompimiento fuerte con la idea de causalidad que es, sin ninguna duda, la más importante de las creencias de la humanidad occidental, introducida en la Grecia antigua; específicamente en el tránsito de la Grecia arcaica a la Grecia clásica.

Mientras que la ciencia moderna afirma generalidades, regularidades, objetividad y universalidad, lo propio de la complejidad estriba en el llamado de atención a los eventos raros, los cisnes negros, en fin, los pliegues, los intersticios, las comisuras, las cisuras y las catástrofes. Es desde allí desde donde nace la vida y desde donde se despliega; la teoría de catástrofes designa a estos pliegues y cisuras como cobordismo, y desde allí alcanza la idea de diferentes catástrofes (Thom 1993; 1990).

La complejidad consiste en un llamado a encantarnos por el mundo, a dejarnos encantar por las cosas, y las cosas son siempre los detalles, incluso, si se quiere, la nimiedades y pequeñeces, en el sentido estético de la palabra; se trata de avivar una capacidad de arrobamiento, una invitación a dejarnos llevar por las cosas, si cabe; escucharlas por sí mismas, si cabe. En verdad, dicho en general, el estudio de la historia del arte, y desde las artes decorativas en adelante, tanto como el estudio de la estética no son otra cosa que la posibilidad de captar matices, gradientes, diferencias cualitativas, cromatismos, tonalidades, detalles, temperanza o intemperanza, musicalmente hablando. Es en los detalles, en música o en pintura, en arquitectura o en cine, en poesía o en teatro, por ejemplo, donde se aprecia la grandeza, originalidad o creatividad de un autor determinado; como en la literatura y en la poesía, notablemente.

Indeterminar, quiero decirlo de manera directa y elemental, consiste en estar encantados

con las cosas, con la naturaleza, con el universo y con la vida. Indeterminar es un estado de arrobamiento, de encantamiento. En la Grecia antigua, de acuerdo con Hesíodo, en el origen de todas las cosas estaba el caos (*khaos*), que designaba, literalmente, el estado de quien está con la boca abierta (Hesíodo 2010). La indeterminación no es otra cosa que el estado o la capacidad de asombrarnos por las cosas (*thau-maxein*), que es el verdadero origen del (buen) conocimiento.

Digámoslo sin ambages, el reencantamiento del mundo no es otra cosa que el embrujamiento por el mundo de las posibilidades y las imposibilidades, puesto que lo real es pobre, tosco y burdo. El término que emplea Weber para acusar el desencantamiento que produce la ciencia clásica es el de *Entzäuberung*; cuya contraparte es la *Zäuberung*, y el sustantivo *Zauber* —masculino— y *Zauberin* —femenino— es la persona —o cosa— que encanta, que realiza conjuros, que es mago o maga, según el caso. Un término, un concepto, una actitud de escándalo, manifiestamente para la mejor tradición racionalista occidental. Pues bien, Prigogine y Stengers son precisos y directos: la complejidad no es otra cosa que en un reencantamiento del mundo. Los primeros que podrían decir cosas inmediatamente serían antropólogos de la talla de G. Frazer y Mircea Eliade, al respecto.

Como se aprecia inmediatamente sin dificultad, el indeterminismo se encuentra en las antípodas de la creencia en el principio de causalidad, y de todas sus variantes, traducciones e implicaciones. Las causas son siempre por definición, deterministas. Manifiestamente que las causas existen y seguirán existiendo, pero además y principalmente podremos saber de ausencia de causalidad de cualquier índole. Sin juegos de palabras, estamos comenzando a aprender acerca de una física acausal, o de una acausalidad física (Svozil 2018).

Pues bien, a ello apuntan conceptos precisos como emergencia y autoorganización, auto-poiesis y transiciones de fase, de primero y de segundo orden, en fin, criticalidad autoorganizada y sistemas y estructuras disipativas, para destacar los más inmediatos e importantes conceptos específicos de la complejidad. Hay orden

gratuito en la naturaleza. En otras palabras, hay cosas que suceden el mundo sin ninguna razón, y sin una razón mejor que otra. Gödel lo estableció de otro modo: la verdad de las cosas y la demostración de la verdad, son dos asuntos perfectamente diferentes. Hay cosas que son verdaderas y no sabemos nunca exactamente por qué lo son (Wang 2016).

Contra la idea de control y manipulación en cualquier acepción de la palabra, el rencantamiento del mundo no es otra cosa que la apertura hacia el papel, siempre creativo, del azar y la aleatoriedad.

3. Dimensiones y alcances de la indeterminación

El gran encanto que pone de manifiesto la complejidad consiste en el reconocimiento explícito de la magnífica proliferación de formas, estructuras, dinámicas, fenómenos y sistemas en el mundo, la naturaleza, el universo, y todo de forma gratuita, esto es, sin razones, sin causas, sin explicaciones, concluyentes y conclusivas⁴. La naturaleza gana enormemente con la complejidad en la comprensión de su multiplicidad, su variedad, sus cambios, su pluralidad en todas las gamas, sentidos, y planos que se quiera; y naturalmente en la comprensión de su evolución. No hay dos rostros iguales, no hay dos huellas digitales idénticas, no existen dos sistemas inmunológicos iguales; en fin, no hay dos árboles, dos perros, dos helechos, dos rocas iguales. En absoluto. En el caso de los seres humanos, ni siquiera los gemelos (monocigóticos o dicigóticos). Existen, sí, parecidos en la naturaleza, patrones; pero nunca identidades plurales.

Pues bien, el primer motivo de asombro que emerge en el marco de las ciencias de la complejidad es ¿cómo es posible tanto orden, tanta forma, gratuitamente? Después de miles de años, el asombro, el arrobamiento, el encantamiento emergen nuevamente. Contra regularidades, legalidades, objetividad y necesidades. La pregunta es la expresión de asombro y sorpresa; una señal evidente de encantamiento.

Contemporáneos al surgimiento de la complejidad del mundo y el universo, aparecen las leyes de Fibonacci que ponen evidencia patrones generadores de orden; pero también aparecen los fenómenos de criticalidad autoorganizada; y acaso igualmente, la forma como existe una biosemiosis en la naturaleza, al decir de la obra de R. Thom. Por diversos caminos, con herramientas plurales, se hace evidente que la naturaleza no es otra cosa que la historia misma de un despliegue de formas y estructuras de toda índole. La naturaleza tiene un sinnúmero de formas, importante cada una, pero ella no se agota en una cualquiera de esas formas o estructuras. Este es el elemento clave al que sugiero girar la atención.

Ciertamente que la idea de naturaleza como la entendemos hoy no siempre existió. Cabe, de entrada, identificar tres modos como la naturaleza ha sido entendida, a lo largo de la historia. En primer lugar, se trata de la naturaleza como una creación divina. Esta es la idea que se sustenta en el creacionismo, ya sea de tipo monoteísta o politeísta. Esta es la concepción más antigua en la historia de la humanidad. En segunda instancia, es la naturaleza como un sofisticado mecanismo; por ejemplo, un perfecto reloj, o un edificio altamente complejo. Esta es la concepción, mecanicista, de la naturaleza introducida por la modernidad. Ésta es el resultado de leyes de carácter matemático o hipotético-deductivo, por fuera de las cuales nada se explica. Finalmente, está la idea de la naturaleza como un organismo vivo. Esta concepción se enraíza fuertemente con las experiencias del paleolítico, pero es, recientemente, el resultado de la emergencia del organicismo (Botkin 1993).

Es manifiesto que la naturaleza tal y como hoy la conocemos emerge, puntualmente, en el siglo XIX gracias, principalmente a los trabajos de Goethe y de Humboldt, y que, por tanto, uno de los logros más importantes habidos en la historia de los últimos quinientos años es la emergencia del organicismo (una concepción y relación con la naturaleza que se remonta a la mejor tradición pagana). Goethe —acaso en una mezcla entre intuición artística y reflexión científico-filosófica— decía que la naturaleza está

constituida por una forma originaria; mucho mejor, que es una forma originaria (*Urform*) y que el arte, la ciencia y la filosofía deberían poder develarla, sin alcanzarla jamás (Goethe 2013). Esta proto-forma quería significar exactamente que la naturaleza carece de formas y que debemos poder, en medio y a través de la proliferación de formas y estructuras, ver la forma originaria que posee la naturaleza, la cual, sorprendentemente no es estática y no termina de decirse en un único lenguaje.

Pues bien, la idea de la *Urform* da lugar posteriormente al nacimiento de la ecología (Wulf 2020), como la ciencia ocupada con las relaciones, conjuntos y articulaciones de los sistemas vivos con el medioambiente. Sin la menor duda y sin reduccionismo alguno, la forma por excelencia de la complejidad cuyo mejor título acaso es el de biosfera (Vernadsky 1997). De esta suerte, la *Urform* podría traducirse como el estudio de la dúplice articulación entre homeorresis y homeostasis, en cuya resolución exactamente suceden los organismos vivos. Debemos a Margulis, en síntesis, la idea de que toda la vida de la biosfera está regulada activamente. Esta regulación no es otra cosa que la articulación entre homeorresis y homeostasis (Margulis 2003). Es exactamente alrededor de esta articulación entre homeostasis y homeorresis como se explica bien el carácter holobionte de los seres vivos (O'Malley 2017). Sin ambages, los sistemas vivos al mismo tiempo que tienen un equilibrio interno —homeostasis—, alcanzan, en función de su desarrollo, o del nicho en el que se encuentran o de los nuevos nichos a los que se adaptan, nuevos equilibrios dinámicos (homeorresis). La ecología no es otra cosa que el reconocimiento del continuo vago entre medioambiente y sistemas bióticos en su evolución, su variedad, sus diferencias y niveles e incesantes equilibrios dinámicos; quizás la más difícil de todas las ideas de la ecología puesto que, conjuntamente con la teoría de la evolución, ponen de manifiesto, a plena luz del día, los tiempos naturales, que son tiempos de largo alcance que implican ilimitación, ausencia de fronteras, acaso infinitud y ulteriormente, siempre, indeterminación.

3.1. Indeterminación y ecología. Una mirada cuidadosa

Es preciso pensar, de un lado, a la biosfera misma en términos ecológicos; no ya simplemente orgánicos. Ello corresponde a comprender entonces las relaciones entre la biosfera y el sistema solar, en primer lugar, pero inmediatamente después, entre la biosfera, el sistema solar y la Vía Láctea. Las relaciones ecológicas no son nunca únicamente directas o inmediatas; son sobre todo indirectas y sutiles. El son constituye la fuente más importante por directa de energía para la vida en la Tierra, pero esté lejos de ser la única fuente. Pues bien, más ampliamente, se trata de comprender las dinámicas y relaciones entre la biosfera, la Vía Láctea, y el cluster local de galaxias y, ulteriormente, con Laniakea (Courtois 2021). Todas las grandes civilizaciones y culturas de la humanidad siempre han tenido una conexión con el cosmos entero. En contraste, Occidente, en el mejor de los casos, máximo alcanzó una preocupación solamente de tipo planetario. Una preocupación semejante no es otra cosa que la trasposición a una escala macro de la preocupación eminente y distintivamente antropológica, antropocéntrica y antropomórfica. Los seres vivos controlan cualquier cosa menos el medioambiente. Sólo en una primera expresión, el entorno de la Tierra abarca, por decir lo menos hasta Laniakea. Una explosión de una supernova puede tener efectos directos sobre la biosfera; para no mencionar la eventualidad de alguna lluvia de meteoritos que provienen de la profundidad del espacio alrededor, sin menospreciar irregularidades en las explosiones del propio sol, algo que apenas recientemente está siendo entendido y explicado.

Como se aprecia sin dificultad, pensar en términos ecológicos comporta la necesidad de alcanzar una estructura de mente abierta que implica necesariamente la idea de indeterminación. Por decir lo menos, el medioambiente es un concepto esencialmente abierto e indeterminado, sin límites.

Quisiera decirlo de manera precisa y directa: pensar en indeterminación no es otra cosa que pensar en *procesos*. No ya en *estados*. Sin

duda, el más apasionantes de todos los procesos es el de la vida, los sistemas vivos. Las ciencias de la complejidad son ciencias de la vida en el sentido preciso de que, desde cualquier punto de vista, imaginativo, conceptual, categorial y demás, el más complejo de todos los fenómenos, sistemas y comportamientos es la vida, son los sistemas vivos.

Pensar en procesos comporta pensar en tiempos magníficamente amplios y profundos, e incluso en la ausencia misma del tiempo. Así, contra la creencia tradicional de Occidente, no es cierto que las cosas comiencen, y que como tienen un origen entonces deban también tener un final. Las cosas nunca terminan de comenzar o, lo que es equivalente, nunca termina de acabar. Todo es un incesante proceso de transformación. Hasta la fecha, la mejor aproximación a esta idea es el primer principio de la termodinámica, formulado originariamente por Fourier en 1811: la (llamada) ley de la conservación de la energía.

3.2. Indeterminación: un mundo sin tiempo

La expresión quizás más radical y difícil de la idea de indeterminación consiste en el reconocimiento de que el tiempo no existe, que vivimos un mundo en el tiempo es una ilusión, en fin, que el tiempo es real sólo como una construcción de la mente humana, pues en la naturaleza lo mejor que puede decirse del tiempo es que es la medida del movimiento (Rovelli 2018b).

Los antecedentes más fuertes y directos de que el tiempo ni existe ni es necesario se encuentran en las reflexiones filosóficas de Gödel acerca de la teoría general de la relatividad (Wang 2009; Yourgrau 2007). Dicho de manera precisa, en el marco de este trabajo, análogamente a como las formas son casos límites de la ausencia de formas de la naturaleza, asimismo las determinaciones existentes o posibles son solamente casos límites de la indeterminación. Debemos poder pensar en procesos, y no ya sola o principalmente en estados. Este es el núcleo de la tesis de este trabajo.

En otras palabras, debemos poder comprender que el tiempo —una teoría del tiempo, si se quiere— solo emerge sobre el trasfondo de un

mundo, una naturaleza y un universo en los que el tiempo no existe (Barbour 1999). El tiempo, simple y llanamente, es inferido a partir de las cosas, de sus movimientos, de sus cambios. Asistimos, así, a la historia del determinismo y las determinaciones. *Ditto*. El tiempo es el resultado de que el cerebro humano puede procesar datos de manera simultánea. El universo, el mundo, la existencia misma no es otra cosa que una sucesión de ahora, un presente continuo (*lebendige Gegenwart*).

Si antes arriba se ha señalado que la historia de las determinaciones no es otra cosa que la historia misma de la comprensión antropológica del universo y la realidad, pensar las indeterminaciones consiste en pensar por fuera (*out-of-the-box*) del marco humano. El más fuerte, peligroso y sutil de todos los reduccionismos es la creencia de que la visión y la experiencia humana es eso: determinante. Un tema importante, sutil y difícil emerge inmediatamente. Se trata de la importancia de la física del vacío, y los temas relativos a la nada cuántica, algo que debe quedar aquí por fuera. El universo que conocemos, que experimentamos en toda la extensión de la palabra, el universo que nos agrada o el que nos duele es tan sólo el 4% de la realidad. Se trata de lo que es conocido como la materia bariónica. El 96% es sencillamente desconocido, aunque sea denominado como energía oscura y materia oscura. Sólo una muy pequeña fracción del universo entero tiene una forma sólida.

El tiempo es cambio; nada más, ni tampoco nada menos. La dificultad estriba en que el cambio es medido de manera humana —una auténtica tautología—. La historia del determinismo coincide con el Uroboros. Al cabo, el tiempo es la más acabada de las formas de establecer distintivamente lo que son las cosas; esto es, de manera determinista, precisa, analítica.

Aceptar la idea —y, *à la limite*, la experiencia— de indeterminación, esto es, la ausencia de barreras o de límites y la indefinición comporta una cierta liberación de la idea de tiempo tal y como ha sido asumida histórica, social o culturalmente. Una atmósfera emancipatoria se adivina en la capacidad de liberación con respecto al tiempo; al cabo, la más excelsa de todas las formas de determinación. El resultado es el

reconocimiento de que entonces todas las posibilidades existen, incluso lo imposible mismo, y que las posibilidades —y lo imposible— son simultáneos, contemporáneos; una idea claramente contraintuitiva.

Al cabo, la complejidad como indeterminación significa que, contra la creencia, errónea, de que existen fronteras en la naturaleza, estas son inexistentes; ni siquiera ilusorias. Aquello de lo cual se trata la vida —tres de cuyas expresiones más elevadas son la ciencia, el arte y la filosofía— es de *comprender*, comprender a los demás, al mundo, la naturaleza y el universo. Pues bien, sin idealismo alguno, gracias a la indeterminación podemos entender que las líneas divisorias son artificiales, en toda la extensión de la palabra.

4. Conclusiones

En este texto he propuesto que entender la complejidad del mundo y de las cosas consiste en reconocer la indeterminación misma de la naturaleza, una tesis poco explorada en la bibliografía especializada. Pensar la complejidad consiste en indeterminar los fenómenos, el mundo y la realidad, una idea que se complementa con la indisciplina, la completa y la radicaliza. La complejidad indisciplina —que es bastante más y muy diferente a simplemente las discusiones (bizantinas) sobre inter, trans y multidisciplinariedad, digamos, *en passant*. Si de un lado la complejidad consiste en el rechazo a los procesos de domesticación y anestesiamiento de los seres humanos por parte de la historia y la cultura, de otra parte, al mismo tiempo, y de manera acaso ya más afirmativa y propositiva, la complejidad permite indeterminar todas las determinaciones. Debemos poder impredecir las cosas, el mundo y la vida. Una conclusión fuerte, donde las haya.

¿Se trata eventualmente, con la tesis de este texto de un retorno al irracionalismo? La idea de racionalidad, ciertamente implica una circunscripción de lo real. El racionalismo sabe que existen ámbitos no-rationales tanto como otros irracionales. Toda la historia del logos no es otra cosa que el cuidado de lo racional como

de lo real mismo de los ataques de lo irracional. Por ello mismo, la historia del racionalismo, *lato sensu*, es la historia misma de mediciones, determinaciones, definiciones, evaluaciones constantes, en fin, ponderación y tasación. Al cabo del tiempo la filosofía y la ciencia entendieron que el racionalismo esconde un profundo temor a lo desconocido, y explica lo desconocido en función de lo conocido.

Contra esta historia, la complejidad misma del conocimiento, tanto como de las cosas en general, consiste en el reconocimiento de que son indeterminadas. Que las determinaciones constituyen, en el mejor de los casos, tan sólo fotogramas. Sin embargo, ver la película o el cuadro grande del mundo comporta aprender acerca de indeterminación. La indeterminación —*apeiron*—, que es ausencia de límites, ausencia de barreras, inacabamiento, ausencia de comienzo tanto como de final, en fin, indefinición. Nos encontramos apenas *ad portas* del auténtico reconocimiento de la complejidad. Contra una cantidad amplia de libros, artículos, videos y jerga de toda índole. Anaximandro tan sólo nos invita a girar el picaporte de la puerta. Algo análogo a la puerta en *El Castillo* de que habla Kafka.

La indeterminación, dicho en síntesis, consiste en reconocer la tautología de que el universo ha sido entendido en términos humanos y que, por tanto, lo real no coincide necesariamente con lo humano. La naturaleza y el mundo entero contienen y se expresan como formas, estructuras y fenómenos específicos; importantes como son, no agotan la dimensión de lo real, como tampoco de lo posible. Finalmente, nadie piensa bien si no piensa en todas las posibilidades, incluido lo imposible mismo. La verdadera complejidad de las cosas consiste en su indeterminación. Y ello abre, de par en par, las puertas, a la idea de procesos, esencialmente abiertos, inacabados, sin comienzo ni fin.

Notas

1. He introducido indeterminación a cambio de “incertidumbre”, pero he dejado el término entre paréntesis: C.E.M.

2. De manera somera, bastaría con hacer referencia a los siguientes textos: Anónimo, *La búsqueda del santo grial*, Madrid, Alianza, 2012; anónimo, *Saga de los groenlandeses, Saga de Eirik el rojo*, Madrid, Siruela, 2010; anónimo, *Cantar de las huestes de Igor*, Barcelona, Ed. Miraguano, 2015; anónimo, *Cantar de Rolando*, Madrid, Cátedra, 2013; anónimo, *Celtic Fairy Tales*, London, Studio Editions, Ltd, 1995; anónimo, *Carmina Burana*, Barcelona, Seix Barral, 1981; *Sagas caballerescas islandesas*, Miraguano Ediciones, 2014; anónimo, *Snorri. Edda menor*, Madrid, Alianza, 2016; anónimo, *Edda Mayor*, Madrid, Alianza, 2015; anónimo, *Poema del Cid*, Penguin Classics, 2015; Arcipreste de Hita, *Libro del buen amor*, La Habana, Ed. Arte y literatura, 1984, anónimo, *Beowulf*, Bogotá, Norma, 2007; anónimo, *El cantar de los Nibelungos*, Madrid, Akal, 2018; J. L. Borges, *Literaturas germánicas*, México, F.C. E., 1993, entre muchas otras. El sentido de esta nota de pie de página es el de señalar a las fuentes principales, y algunas de las fuentes secundarias más importantes, de lo que comportaba un mundo encantado, en el medioevo, antes de la modernidad. En la literatura hay un género, que es la literatura fantástica, toda inspirada, directa o indirectamente en la gran literatura medieval. Dos fuentes excelsas de la literatura fantástica son la obra de J. R. R. Tolkien, tanto como la de C. S. Lewis.
3. Cfr. Al respecto el hermoso cuarteto de J. Banville, *Tetralogía científica. Copérnico, Kepler, la carta de Newton, Mefisto*. 2022. Barcelona: Alfaguara.
4. Existe exactamente en este punto una coincidencia entre las ciencias de la complejidad, dicho en general, los trabajos de S. Kauffman, dicho en particular, y la obra tardía de Heidegger, notablemente (Heidegger, 1984).

Referencias bibliográficas

- Barbour, Julian. 1999. *The End of Time. The Next Revolution in Physics*. Oxford: Oxford University Press.
- Botkin, Daniel. 1993. *Armonías discordantes. Una ecología para el siglo XXI*. Madrid: Acento Editorial.
- Cantor, Georg. 2002. *Contributions to the Founding of the Theory of Transfinite Numbers*. Pensilvania: Maxwell Press.
- Courtois, Hélène. 2021. *Travesía por los mares del cosmos. Nuestro hogar en el universo: Laniakea*. Ciudad de México: GranodeSal.
- Freely, John. 2021. *La llama de Mileto: El nacimiento de la ciencia en la Grecia clásica (y cómo cambió al mundo)*. Madrid: Alianza.
- Gigon, Olof. 1971. *Los orígenes de la filosofía griega. De Hesíodo a Parménides*. Madrid: Gredos.
- Gödel, Kurt. 1992. *On Formally Undecidable Propositions of Principia Mathematica and Related Systems*. New York: Dover.
- Goethe, Johan W. 2013. *Teoría de la naturaleza*. Madrid: Tecnos.
- Heather, Peter. 2010. *Emperadores y bárbaros. El primer milenio de la historia de Europa*. Barcelona: Crítica.
- Heidegger, Martin. 1984. *Was heisst Denken?* Tübingen: Max Niemeyer Verlag.
- Heisenberg, Werner. 1927. «Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik», *Zeitschrift für Physik* 43: 172-198. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01397280>
- Hesíodo, 2010. *Teogonía*. Madrid: Gredos.
- Hoffmeyer, Jesper. 2008. *Biosemitotics. Ann examination of the signs of life and the life of signs*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Jacob, François. 1982. *El juego de lo posible*. Barcelona: Grijalbo.
- Kauffman, Stuart. 2016. *Humanity in a Creative Universe*. Oxford: Oxford University Press.
- Kauffman, Stuart. 1995. *At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization*. Oxford: Oxford University Press.
- Koyré, Alexandre. 2017. *Del mundo cerrado al universo infinito*. Madrid: Siglo XXI.
- LeShan, Lawrence y Henry Morgenau. 2009. *El espacio de Einstein y el cielo de Van Gogh: un paso más allá de la realidad física*. Barcelona: Gedisa.
- Maldonado, Carlos E. 2021. «Epistemología de la imposibilidad o ciencia de la indeterminación», en: *Cinta de Moebio* 70: 44-54. <https://doi.org/10.4067/S0717-554X202100100044>
- Maldonado, Carlos E. 2020a. «Ciencias sociales irregulares», *Cinta de moebio* 68: 146-155. <https://doi.org/10.4067/S0717-554X2020000200146>
- Maldonado, Carlos E. y Eduardo Villar-Concha. 2020b. «A Landmark in the History of Science. H. von Foerster's *Cybernetics of Cybernetics*», en: *Foundations of Science* (Springer). <https://doi.org/10.1007/s10699-020-09721-w>

- Margulis, Lynn y Dorion Sagan. 2003. *Captando genomas. Una teoría sobre el origen de las especies*. Barcelona: Kairós.
- Martín, Sebastián. 2018. «Occidente: entre el desencantamiento del mundo y el embrujo de la razón. Reflexiones a propósito de Weber y Heidegger», *Anuario de la Facultad de Ciencias Humanas* 15. <http://dx.doi.org/10.19137/an1501>
- Mondolfo, Rodolfo. 1964. *El pensamiento antiguo. Historia de la filosofía greco-romana. I. Desde los orígenes hasta Platón*. Buenos Aires: Losada, S. A.
- Monod, Jacques. 2016. *El azar y la necesidad*. Barcelona: Tusquets.
- Nagel, Ernest y James Newman. 2007. *El teorema de Gödel*, Madrid: Tecnos.
- O'Malley, Maureen. 2017. «From endosymbiosis to holobionts: evaluating a conceptual legacy», *Journal of Theoretical Biology* 434: 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.03.008>
- Prigogine, Ilya. 1997. *El fin de las certidumbres*. Santiago de Chile: Editorial Andrés Bello.
- Prigogine, Ilya. 1980. *From Being to Becoming. Time and Complexity in the Physical Sciences*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Prigogine, Ilya. 1993a. *¿Tan solo una ilusión? Una exploración del caos al orden*. Barcelona: Tusquets.
- Prigogine, Ilya. 1993b. *El nacimiento del tiempo*. Barcelona: Tusquets.
- Prigogine, Ilya. 1980. *From Being to Becoming. Time and Complexity in the Physical Sciences*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Prigogine, Ilya e Isabella Stengers. 2002. *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Madrid: Alianza.
- Rovelli, C. 2018a. *El nacimiento del pensamiento científico. Anaximandro de Mileto*. Barcelona: Herder.
- Rovelli, Carlo. 2018b. *El orden del tiempo*. Barcelona: Anagrama.
- Schrödinger, Erwin. 2015. *¿Qué es la vida?* Barcelona: Tusquets.
- Svozil, Karl. 2018. *Physical (A)causality*. Nueva York: Springer Verlag.
- Thom, René. 1993. *Parábolas y catástrofes. Entrevista sobre matemática, ciencia y filosofía*. Barcelona: Tusquets.
- Thom, René. 1990. *Esbozo de una semiología. Física aristotélica y teoría de las catástrofes*. Barcelona: Gedisa.
- Vernadsky, Vladimir Ivanovich. 1997. *La biosfera*. Madrid: Argenteria.
- Yourgrau, Palle. 2007. *Un mundo sin tiempo. El legado olvidado de Gödel y Einstein*. Barcelona: Tusquets.
- Wang, Hao. 2016. *A Logical Journey: From Gödel to Philosophy*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Wang, Hao. 1990. *Reflections on Kurt Gödel*. Toronto: Bradford Books.
- Weber, Max. 2002. «Wissenschaft als Beruf», *Schriften 1894-1922*: 474-511. https://www.molnut.uni-kiel.de/pdfs/neues/2017/Max_Weber.pdf
- Weber, M., 1987. *Ensayos sobre la sociología de la religión*, Tomo I. Madrid: Taurus.
- Wulf, Andrea. 2020. *La invención de la naturaleza. El nuevo mundo de Alexander von Humboldt*. Bogotá: Taurus.

Carlos Eduardo Maldonado (maldonado-carlos@unbosque.edu.co) es profesor titular en la Facultad de Medicina de la Universidad El Bosque. <https://orcid.org/0000-0002-9262-8879>.

Recibido: 18 de marzo, 2024.

Aprobado: 16 de abril, 2024.

