

PERSONAS: ENSAYO

DOI:10.35588/gpt.v16i47.6325

**Lo Complejo, lo Paradójico, y lo Complementario.
Acerca de la pertinencia de pensar y modelar compleja, interdisciplinaria, e
integralmente.**

**Complex, Paradox, and Complementary.
About the relevance of thinking and modeling complex, interdisciplinary, and
integrally.**

Edición Nº47 – Agosto de 2023

Artículo Recibido: Febrero 13 de 2023

Aprobado: Agosto 31 de 2023

Autores

Juan Pablo Contreras Godoy¹ y Óscar Orellana Estay²

Resumen:

El objetivo del presente ensayo es cuestionar(se) si acaso en lo moderno tardío asistimos a la *emergencia* de un nuevo paradigma o más bien a dinamismos culturales de superposición de perspectivas. Para alcanzar tal objetivo primero indagaremos en las fenomenologías de lo *monstruoso* que, si bien tuvieron lugar a partir del siglo XIX, se vinieron preparando científica e intelectualmente desde comienzos de la Modernidad. Luego, mostraremos que en el siglo XX ellas se especificaron y se modelaron como *sistemas complejos*, y que es desde tal explicitación, en múltiples

¹ Doctor en Filosofía y Docente, Departamento de Estudios Humanísticos, Universidad Técnica Federico Santa María, Campus Casa Central. Valparaíso, Chile. Correo electrónico: juan.contrerasgo@usm.cl, <https://orcid.org/0000-0001-6259-1238>

² PhD. Departamento de Matemáticas de la Universidad Técnica Federico Santa María. Docente e investigador en Matemáticas Aplicadas. Valparaíso, Chile. Email: oscar.orellana@usm.cl, <https://orcid.org/0000-0003-1993-1684>

disciplinas, que, hoy, acaso se pueda hablar de la *emergencia* de un nuevo paradigma. Sin embargo, también mostraremos que tal emergencia, al redundar en la afirmación de la complejidad, la incertidumbre, la ambigüedad y la volatilidad, colisiona con otras perspectivas provocando que sus explicitaciones sean *paradójicas*, pues si bien parece mostrar el camino más adecuado para abordar los inmensos desafíos que tenemos, culturalmente sigue siendo resistida por dinamismos tradicionales.

Palabras clave: paradigma; sistemas complejos; emergencia; monstruoso.

Abstract:

The objective of this essay is to question whether in the late modern we are witnessing the emergence of a new paradigm or rather cultural dynamisms of overlapping perspectives. To achieve this goal, we will first investigate the phenomenologies of the *monstrous* that, although they took place from the 19th century, have been scientifically and intellectually prepared since the beginning of Modernity. Then, we will show that in the 20th century they were specified and modeled as *complex systems*, and that it is from such an explanation, in multiple disciplines, that today, perhaps, it is possible to speak of the *emergence* of a new paradigm. However, we will also show that such an emergence, by redounding to the affirmation of complexity, uncertainty, ambiguity, and volatility, collides with other perspectives causing its explanations to be *paradoxical*, because although it seems to show the most appropriate way to address the immense challenges that we face, culturally it continues to be resisted by traditional dynamisms.

Keywords: paradigm; complex systems; emergency; monstrous.

1. Introducción

Se suele considerar la percepción *monstruosa* de los fenómenos modernos a partir de la Primera Guerra Mundial. Sin embargo, en la literatura ya había sido anunciada por Mary Shelly y su *Frankenstein o el moderno Prometeo* (1818). Y en el campo de las matemáticas se explicitó con la aparición de *curvas monstruosas* (función de Weierstrass); con los *fractales*, y con los *sistemas complejos*. Ahora, tales percepciones, ensayos, y modelos, ¿no se vinieron gestando mucho antes a partir de

tener que lidiar con la incertidumbre propia de los dinamismos modernos? Porque, por ejemplo, las discusiones acerca de cómo había que cuidar la estabilidad del Estado frente a las aperturas y dinamismos desestabilizadores producidos por los avances y las divulgaciones de los conocimientos científico-tecnológicos, tuvieron lugar tempranamente. Está, sin ir más lejos, la de Thomas Hobbes y Robert Boyle (Latour, 1997). Y, René Descartes, con su obra *El Discurso del Método*, quiso brindar certezas a un mundo que comenzaba a mostrarse muy incierto, y así también Francis Bacon con su *Novum Organum*. Sin embargo, sus procederles mismos, o, más bien, los dinamismos en los que ya estaban situados no hicieron más que ir haciendo evidente que la incertidumbre en la existencia humana parecía ser más regla que excepción. Todo ello, ya, en el siglo XVII. Porque sabemos bien que el XVIII trajo varias apuestas que supusieron – e instalaron -, incertidumbres: el alzamiento de la burguesía y sus revoluciones, que los Programas Ilustrados intentaron ordenar y racionalizar. Sí, pero, los acontecimientos, las situaciones, y realidades posteriores mostraron que se trataba de tareas de nunca acabar. Acaso eso hizo que en el siglo XIX el álgebra de G. Cantor trajera una corte de diferentes dignidades infinitas. Y que los trabajos de L. Boltzman en mecánica estadística y termodinámica marcaran un hito. Pero lo que hizo que diversos fenómenos socioculturales se volvieran inmensos e incontrolables, es decir, *monstruosos*, fue la Revolución Industrial. Pues, es en ella que se da una conjunción cultural entre conocimiento, invención, poder, ambición, y gestión. Cuestión que continúa a través de las revoluciones del siglo XX: la científica nuclear y la digital. Donde la especulación financiera, la explotación desenfrenada de los recursos, el poder ideológico absoluto, entre otros fenómenos, pusieron la nota de *catástrofe global*.

La literatura de ese siglo así lo expresó. T. Mann en *La Montaña Mágica*, realiza una reflexión acerca de la existencia en permanente peligro desde un sanatorio emplazado en los Alpes; F. Kafka, en *El Proceso*, muestra cómo su protagonista habiendo sido arrestado, por una razón que desconoce, se adentra en una maraña que le hace percibir que la justicia y la ley conforman un laberinto sin salida. Y por estos lados del Planeta, más tarde, M. Vargas Llosa en *Conversación en la Catedral* (1969) planteó: “¿en qué momento se jodió el Perú?” Que podría parafrasearse así: si el proyecto moderno era tan “claro y distinto”, ¿cuándo comenzamos a caminar a los tumbos? ¿Cuándo nuestros problemas se convirtieron en no solucionables? Ahora, la literatura

de Borges, de Cortázar, y así también de Bolaño, se emparentan con la de los primeros (y la de Poe, entre otros), en el sentido que dan cuenta de una composición no sólo de lo complicado, sino de lo complejo. Y así también lo hizo F. Nietzsche, a fines del XIX, al mostrar la “muerte de Dios” y al desmarcarse de los sobre sentidos, abriendo un tremendo espacio de libertad compleja, es decir, angustiante y creativa. Tal cual lo hiciera, por lo demás, Freud al fundar el psicoanálisis. Y así también A. Camus, más tarde, al proponer que hay que aceptar y vivir lo absurdo para dar con aperturas realmente éticas. Pero, volvamos a lo científico-tecnológico para atender bien a la distinción entre lo complicado y lo complejo. Ella radica en que lo primero, aunque difícilísimo, puede, de algún modo, ser explicado y entendido. En cambio, en lo segundo no puede ocurrir tal, porque en sí mismo supone dinamismos ocultos, y/o en ellos las causalidades pueden ser muy distantes (Cilliers, 1998). De ahí que el ingeniero del MIT, J.D. Sterman, respecto de los modelos matemáticos que buscan abordar los fenómenos inmensos que nos desafían en este milenio declare que “están todos equivocados” (Sterman, 2002. p. 501). Ahora, atención, tal juicio se afecta a sí mismo respecto de lo que afirma. Se parece a la *paradoja del mentiroso*. En efecto, si la afirmación de Sterman es verdadera, entonces él también está equivocado y en consecuencia no tengo por qué tomar en serio tal afirmación; y si es falsa, entonces existe alguien que no está equivocado, presuntamente el mismo (u otras personas) y en consecuencia la afirmación es falsa, entonces de nuevo no tengo motivo para tomar en serio semejante afirmación. Ella funciona, por tanto, como provocación porque nos hace preguntarnos: ¿qué podemos hacer con nuestros modelamientos en medio de lo complejo e incierto?! Ella, además, puede ser mejor comprendida si se piensa en la distinción, que F. Flores solía traer, entre *preocupaciones* y *problemas*. Y atención porque ella, pareciera estar realizando un *baipás* hacía, y en, el corazón de las ingenierías. En efecto, éstas, de un buen tiempo a esta parte se han entendido a sí mismas como *resolutoras de problemas*. Sin embargo, el siglo XX trajo, al menos, dos inserciones, que pusieron en cuestión tal entendimiento. J. W. Forrester se preguntó, terminada la Segunda Guerra Mundial, con qué modelos matemáticos y bajo qué formas de gestión actuaban los ingenieros inmersos en la productividad de su país. Desde esa primera indagación, que le tomó una década y que le arrojó que los modelamientos mostraban claramente que las ingenierías estaban sub-empleadas, Forrester amplió su indagación hacia las grandes ciudades, y luego hacia todo el planeta (Lane, 2008). R. Williams, por su parte, historiadora proveniente de una familia

de científicos, luego de ejercer como decana de estudiantes en el MIT (1995-2000), publicó el libro *Retooling* (2002), y en él avanzó la siguiente hipótesis: los ingenieros resuelven los problemas que ellos mismos formulan como posibles de resolver. De ahí, según ella, que se requiriera comenzar con una re-ingeniería de la ingeniería misma, cuestión que efectivamente comenzó a suceder, y que Sterman expresara de manera alarmante: no sólo estaríamos fallando en resolver los problemas persistentes que enfrentamos, sino que estaríamos causándolos (Sterman, 2002). Y haciendo tal, el estadounidense, entre otros, hace aparecer la circularidad de nuestras acciones que, como tales, constituyen un problema no resuelto, y que no se ve que lo podamos resolver en el futuro. Por lo tanto, tendremos que hacer conciencia de que nuestras acciones se vuelven contra nosotros y que debemos aprender a sacar las consecuencias de ellas, para morigerar sus efectos nocivos.

Ahora bien, a partir de tales testimonios podemos avanzar que la distinción entre *preocupaciones* y *problemas* consistiría en que las primeras no se resuelven y, que ellas, tocando los límites, no sólo de las ingenierías, sino de todas las disciplinas, exigen una interdisciplinariedad para abordarlas. Que dicho abordaje no sólo supone respuestas y no soluciones, sino que exige que las primeras tengan que ser cada vez más rigurosas. Pues bien, los modelos complejo-dinámicos en su prurito parecieran haber nacido para responder a preocupaciones que, por supuesto, presentan problemas.

2. Desarrollo

2.1 Algo de historia

La noción de *sistemas complejos* se generó mediante los esfuerzos desplegados en el siglo XX para entender algunos fenómenos físicos, biológicos y sociales. Se trata del estudio de cómo las partes de un *sistema* dan lugar al comportamiento colectivo del *sistema* (*emergencia*), y cómo el *sistema* interactúa en y con el *medio ambiente*. Hablamos de un campo científico relativamente nuevo que, ante lo desafiante de lo complejo, ha elaborado respuestas complejas. Fritjof Capra acaso sea uno de sus principales divulgadores. Él, primero, realiza un recuento en el que se explicita una nueva comprensión científica de los sistemas vivos. En ella nombra profusamente a

H. Maturana y F. Varela como integrantes de esa red (Capra, 1997). Y, luego, pasa a dar cuenta de una comprensión científica de las conexiones ocultas que podría fundamentar una ciencia para una vida sustentable (Capra, 2004).

La pregunta es si acaso este campo científico llegará a consolidarse convirtiéndose en materia clásica de aprendizajes en universidades y centros de estudios en general. Algo parecido se preguntó Peter Sloterdijk desde el campo filosófico: “¿Quién tiene suficiente aliento para imaginar un tiempo mundial en el que Nietzsche será tan histórico como lo fue Platón para Nietzsche?” (Sloterdijk, 2001, p. 329; 2011, p. 215). El filósofo alemán, además, sitúa en Michel Foucault tal posibilidad: “Parece que, en Foucault, el arte no tiene que escribir ninguna nota a pie de página referida a los escritos de Platón, sino que por primera vez se ha desplegado hacia un clasicismo alternativo. [...]” (Sloterdijk, 2010, p. 132).

¿Cambio de paradigma? Puede ser. T. Kuhn acuñó tal término en 1962 en su estudio sobre *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. Y, al hacerlo, él mismo quedó con bellas perturbaciones, pues en el prefacio de la tercera edición, si bien mantiene su definición de *paradigma*: “logros científicos universalmente reconocidos que por un tiempo proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad de practicantes” (Kuhn, 1996, p. x), a renglón seguido se cuestiona: “Mi distinción entre los períodos anterior y posterior al paradigma en el desarrollo de una ciencia es, por ejemplo, demasiado esquemática” (Kuhn, 1996, p. xi). Y, luego dirá que también existen circunstancias, raras dice él, “bajo las cuales dos paradigmas pueden coexistir pacíficamente en el período posterior” (Kuhn, 1996, p. xi). Ahora bien, Kuhn junto con mostrar inquietud, apertura y flexibilidad respecto de su propio estudio (limitado a las ciencias), las insinúa mucho más en relación con lo que se puede pensar en las Humanidades respecto de los paradigmas culturales. Y, claro, no en vano los abordajes de los fenómenos moderno tardíos han tendido a la interdisciplinariedad. Pero también se ha tendido a la insistencia de la especialización disciplinar. Todo lo cual expresa un dilema general: que pareciera que habitamos en diversos paradigmas o en dinamismos de superposición de perspectivas. Y acaso la complejidad de esto, radique en que los seres humanos tendemos a buscar certezas y al mismo tiempo no podemos dejar de arriesgar, apostar, y cambiar. Por tanto, si bien la estabilidad se requiere y anhela, no dejamos de percibir que somos animales de la incertidumbre y

la transformación. Y es en ese sentido que los sistemas complejos, en tanto y cuanto disciplina o paradigma (Sterman, 2002), parecen, hasta ahora, brindar una ayuda preciosa. Ahora, ésta, para ser tal, paradójicamente, no puede sino ahondar en lo complejo, incierto, volátil y ambiguo. En efecto, considérese en filosofía el paso de un pensamiento metafísico (de Platón a Hegel) hacia uno estético (Goethe, Wagner, Schopenhauer, y Nietzsche), y de uno esencialista (de Aristóteles a Hegel) hacia uno fenomenológico-ontológico-existencialista (Heidegger, Sartre, de Beauvoir, Merleau-Ponty, Arendt), y más tarde hacia uno postestructuralista (Lacan, Deleuze, Foucault, Derrida). Y considérese, en las ciencias físicas, el paso de lo complicado a lo complejo, como lo expresa I. Prigogine en su libro *From Being to Becoming*, cuando habla de la *simplicidad* del microscopio: “Esta concepción - históricamente una de las fuerzas motrices de la ciencia occidental -, difícilmente puede mantenerse hoy. Las partículas elementales que conocemos son objetos complejos que se pueden producir y se pueden descomponer” (Prigogine, 1980, p. xiii). Y en ese sentido, según él, la física y la biología ya no pueden más ser reducidas a un solo esquema. Se requiere definir varios niveles y crear las condiciones para pasar de uno a los otros, pues “este espacio es funcional y no geométrico” (Prigogine, 1980, p. xiv). Todo lo cual lo lleva a plantear una triple tesis: “Primero, los procesos irreversibles son tan reales como los reversibles; no corresponden a aproximaciones suplementarias que necesariamente superponemos a leyes reversibles en el tiempo. En segundo lugar, los procesos irreversibles desempeñan un papel constructivo fundamental en el mundo físico; están en la base de importantes procesos coherentes que aparecen con particular claridad en el nivel biológico. En tercer lugar, la irreversibilidad está profundamente arraigada en la dinámica”. (Prigogine, 1980, p. xiii). G. J. Chaitin, por su parte, avanza algo parecido en *The Unknowable* (1999): “En pocas palabras, Gödel descubrió lo incompleto; Turing la imposibilidad de computar y yo descubrí la aleatoriedad. Ese es el hecho sorprendente de que algunas afirmaciones matemáticas son verdaderas sin ninguna razón. Lo son por accidente. No puede haber una teoría del todo, al menos no en matemáticas. Quizás sí en física” (Chaitin, 1999, p. 3).

La última sentencia no es para nada complaciente. Chaitin, de hecho, “estuvo interesado en la relación entre informática y física cuántica desde comienzos de los años ‘60” (Calude, 2007, p. viii). En particular pensó el impacto de la naturaleza en cómo opera la máquina de Turing: “Si la naturaleza realmente nos permite lanzar una

moneda, entonces, con una probabilidad extremadamente alta, se pueden calcular cadenas de bits algorítmicamente irreducibles, pero no hay forma de hacerlo en un mundo determinista” (Calude, 2007, p. ix). Es decir, Chaitin, existencialmente, moviéndose entre las matemáticas, la informática, y la física, intentó aportar con respuestas “algorítmicamente irreducibles” que dieran cuenta de un paradigma donde la naturaleza ya no puede ser concebida de maneras deterministas.

Podemos decir que Gödel, Turing, y Chaitin, entre otros, se vieron envueltos en lo emergente a partir del involucramiento en una *tercera naturaleza* (siendo la *segunda* la cultural-convencional). Y, tal emergencia, por supuesto provocó inquietud. El Consejo Sueco para la Investigación Científica, por ejemplo, el año 1984, vio necesario reunir a un conjunto de personas científicas para que conversaran sobre la evolución de los sistemas complejos. John L. Casti declaró que el propósito de tal reunión fue vago, aunque para darle cierto foco se optó por tratar la evolución de los procesos de lo vivo, siendo el espectro de los participantes uno que iba desde las matemáticas, puras y aplicadas, a la geografía, y a la filosofía analítica. El editor, además, destacó que los resultados fueron bastante extraordinarios y que para llegar a ellos se dio una autoorganización espontánea que se orientó en tres corrientes principales: “estructuras conceptuales y formales para caracterizar la complejidad del sistema; procesos evolutivos en biología y ecología; la emergencia de la complejidad a través de la evolución en los lenguajes naturales” (Casti, 1986, p. iii). Ahora, no desde la edición de un congreso, sino a modo de síntesis cultural, Sloterdijk, por su parte, plantea que, en filosofía, en el siglo XX, existieron cinco “aumentadores del pensamiento”, cinco existencias que se situaron “en el gran umbral de las emergencias”:

Cualquiera que viva después de un aumentador tiene que hacer cosas adicionales como descendiente. En el futuro, para estar a la vanguardia del arte, deberá tenerse en cuenta la lección de Luhmann así como referir a los grandes valores del umbral, cuyo compromiso en términos filosóficos es importante testificar: qué se piense después de Heidegger, Buber, Günther y Deleuze, donde el primero de estos nombres representa el movimiento que se cuestionó sobre el ser durante el siglo XX, el segundo por la apertura del

pensamiento filosófico a la existencia del otro, el tercero por el colapso de la lógica cibernética y el valor agregado en el inventario estancado del viejo razonamiento europeo y el cuarto por el avance de la filosofía en el horizonte de lo virtual en acción con la transición a la constelación del cerebro y el mundo. (Sloterdijk, 2001, p. 83; 2011, p. 56).

Y en economía acaso sea W. B. Arthur quien haya mejor sintetizado los vínculos entre inmensidad, modelamiento, y sistemas complejos. Pues, en *Complexity and the Economy* (2015) muestra el itinerario en el que, desde los años '80 “la economía se ha estado abriendo a otras aproximaciones aparte de la estandarizada neoclásica”. Y que tales aperturas han venido de la perspectiva de sistemas complejos, concebida como “dinámica no lineal, procesos estocásticos no lineales, computación basada en agentes y teoría computacional” (Arthur, 2015, pp. ix-x). Y que la pregunta fundamental que abrió el diálogo interdisciplinar fue la que planteara un biólogo a los economistas: “¿Por qué ustedes hacen todo en equilibrio? ¿Cómo sería hacer economía fuera del equilibrio?” (Arthur, 2015, p. xii).

2.2 Historia, Peligro, y rigurosidad integral.

Cuatro de los filósofos más importantes del siglo XX, Heidegger (1962), Derrida (1967), Foucault (1979), y Deleuze (1980), con sus claras diferencias, denominaron a los fenómenos moderno-tardíos con el término *monstruosidad*. Y en el XXI J. L. Casti publicó un libro que tituló así: *X-Events. Complexity Overload and the collapse of everything* (2013). Y, Sloterdijk (2001; 2018) avanzó una denominación que une lo inmenso y lo extraordinario: *Ungeheuerlichkeit*. Y, atención, en tal expresión, no hay nada metafórico, sino que es literal (Castillo, 2007). En consecuencia, todo ello pareciera conformar una especie de paradigma comprensivo amplio que, no obstante estar siendo el más adecuado para abordar los desafíos inmensos del siglo XXI, no termina por ser reconocido políticamente como tal (Varela et al. 1993; Sterman 2002; Sloterdijk 2016). Todo lo cual hace que para referirse a *sistemas complejos* se le catalogue como una disciplina adecuada, útil, y exitosa (OECD, 2017), pero también, acaso provisional, perfectible, e incluso sustituible o desmontable (como cualquier

andamiaje teórico). Ahora, su gran gracia es que describe, representa, imita, análoga, modela, simula, reproduce “aproximadamente” una porción, o la “totalidad” de la “realidad” en el lenguaje, para expresar la forma en que el ser humano está operando y transfigurando, actualmente, el mundo y a sí mismo. Y, al mismo tiempo, expresa lo incierto, el peligro, el riesgo de tal forma, y así también su irreversibilidad: “Los seres humanos tienen un futuro si ellos merecen tener un futuro” (G. J. Chaitin, en Calude 2007, p. vii).

Ahora, en ese último sentido, la obra científico-intelectual de F. Varela parece responder con particular rigurosidad. Porque después de realizar ese importante aporte a la humanidad, junto a H. Maturana, que otorgara una mejor comprensión de los seres vivos: la *autopoiesis*; Varela no sólo se preocupa de explicitar una nueva ciencia diseminada en varias disciplinas, buscando dar cuenta de lo cognitivo y de la inteligencia artificial, sino que por responder a su emergencia y al peligro de sus explicitaciones. En efecto, Varela en *The Embodied Mind. Cognitive Science and Human Experience* (1993), junto con mostrar que la nueva e interdisciplinaria ciencia cognitiva ha respondido a tres acontecimientos científico intelectuales: cognitivismo; emergencia; y enactivo (Varela et al. 1993, p. 7), va a ofrecer una nueva comprensión de la evolución superando aquella que comprende a la “selección natural” como “adaptación”. En efecto, mediante la *deriva natural*, Varela sitúa al conocimiento como fenómeno biológico (Varela et al., 1993, pp. 185-214), desde el nivel más mínimo:

La unidad de evolución (en cualquier nivel) es una red capaz de un rico repertorio de configuraciones autoorganizadas. 2. Bajo acoplamiento estructural con un medio, estas configuraciones generan selección, un proceso continuo de satisfacción que desencadena (pero no especifica) el cambio en forma de trayectorias viables. 3. La trayectoria específica (no única) o el modo de cambio de la unidad de selección es el resultado entretejido (no óptimo) de múltiples niveles de subredes de repertorios autoorganizados seleccionados. 4. La oposición entre factores causales internos y externos es reemplazada por una relación co-implicativa, ya que

organismo y medio se especifican mutuamente (Varela et al. 1993, pp. 196-197).

Ahora, junto con ello, Varela avanza que una nueva manera de hacerse cargo científica e intelectualmente de lo cognitivo ha supuesto considerar radicalmente la *experiencia de conocer*. Y aquí, acudiendo a la tradición budista, afirma una noción más adecuada para dar cuenta de la reflexión: “Lo que estamos sugiriendo es un cambio en la naturaleza de la reflexión de una actividad abstracta y *des-corporeizada* a una reflexión *corporeizada* (atenta) y abierta. Por *corporeizado* nos referimos a la reflexión en la que el cuerpo y la mente se han unido. Lo que esta formulación intenta transmitir es que la reflexión no es solo sobre la experiencia, sino que la reflexión es una forma de experiencia en sí misma, y esa forma reflexiva de experiencia se puede realizar con atención plena” (Varela et al. 1993, p. 27). Cuestión, ésta, fundamental para hacerse cargo de los peligros tecnológicos, pues Varela la une a su comprensión de las técnicas y las tecnologías como acoplamientos estructurales de los organismos vivos. Por tanto, los peligros tendrían que ver con la historicidad de éstos, pues “al enriquecer nuestra perspectiva incluyendo el acoplamiento estructural comenzamos a apreciar la capacidad de un sistema complejo para *traer adelante* un mundo” (Varela et al., 1993, p. 151). Y tal capacidad la podemos ver mejor, y así sus peligros, mediante esa atención plena (cuerpo-mente). Perspectiva de la que la organización de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos más importante del mundo, conocida por su sigla en inglés como IEEE, parece estar consciente, pues tituló su último informe de Advancing Technology for Humanity, así: *Ethically Aligned Design. A vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems*.

2.3 Lo Paradójico: ¿expresión y explicitación de lo complejo?

La paradoja de obtener resultados extraordinarios sin contar con, o sin habitar en, un paradigma claramente establecido que pueda legitimar con una *tercera naturalidad* la validez cultural del desarrollo de los sistemas complejos se dio durante el siglo XX y se ha seguido dando. Y, con todo, es a partir de ellos que nos estamos proyectando como humanidad, siendo la Inteligencia Artificial su más evidente y divulgada explicitación. Pues, son estas máquinas las que más nos están dando cierta seguridad en medio de la incertidumbre. Sí, ellas, que, en su complejidad, se “alimentan” (*machine learning*) y “repiensan” (*deep learning*) a partir de lo aleatorio.

¿Se trata de una paradoja cultural de cambio de paradigma o una superposición de perspectivas? Claro, porque desde cualquier moral (tanto religiosa como laica), los pensamientos y prácticas de la diferencia, lo aleatorio, y lo transformativo, o cualquier aproximación compleja es considerada como *relativista* y *ambigua*. Y, al mismo tiempo tales posiciones no pueden sino ocupar tales perspectivas con sus técnicas y tecnologías. Tal superposición, Sloterdijk la expresa así: “pensar pre-tecnológicamente y vivir tecnológicamente (*vortechnisch zu denken und technisch zu leben*)” (Sloterdijk, 2001, p. 364). Ahora, no es menos evidente que, por el lado de las aproximaciones complejas, suelen darse “motivos de escándalo” para ese otro lado que necesita abrazar certezas y habitar en una constante seguridad y estabilidad. P. Singer, por ejemplo, gusta discutir y deconstruir la *sobrevaloración de lo humano* respecto de los otros animales y, así, declara la liberación animal (Singer, 1999). Teniendo una amplia acogida (Chaparro 2019; Frandzen, 2013), aunque su posición respecto del aborto, convencionalmente, ha provocado escándalo. Pero así también lo hizo la “economía del comportamiento” (o conductual) de R. H. Thaler, antes y después que se le otorgara el Premio Nobel 2017, en gente liberal en lo económico y conservadora en lo moral. No en vano B. Ritholt lo destacó como “pagano” (Ritholt, 10 de octubre de 2017), “Un chico pagano de la economía se queda con el nobel”. El Mostrador <https://www.elmostrador.cl>. Ahora, desde la vereda de las ciencias físicas y matemáticas, de manera más sobria, hay avances que, por ejemplo, dicen que los objetos y las cosas no existen. Que todo lo que hay es el gran evento procesal llamado Universo, el cual a su vez sería el conjunto de todos los sub-eventos procesales que le pertenecen de suyo y las correspondientes relaciones eventuales y/o procesales que se dan entre ellos, con independencia de si nosotros somos capaces de distinguirlos o no (Smolin, 2001, pp. 49-65). Y, tomando las consecuencias de tal afirmación, se podría avanzar que los *sistemas* y los *paradigmas*, estrictamente hablando, tampoco existen, excepto como un concepto o noción que nos tranquiliza frente al movimiento y cambio permanente de la “realidad”. ¿Confirma esto que la incertidumbre es más regla que excepción en la vida humana, que más que cambio de paradigmas es mejor hablar de superposición de dinamismos y perspectivas, que habitar en lo complejo es hacerlo en lo paradójico?

Acaso la mejor manera de expresar lo que queremos avanzar es que en ciencias hoy habitar en medio de tensiones complejo-paradójicas parece ser lo más adecuado (y quizá siempre ha sido así); y en cuanto a lo político-científico, la *complementariedad*, parece ser el camino más adecuado. La larga discusión entre A. Einstein y N. Bohr en las primeras décadas del siglo XX son un buen ejemplo de ello. Pues son dos las tensiones que ahí estuvieron en juego (y siguen estándolo):

- i) entre la especialización y lo general; y
- ii) entre positivismo-determinismo y complejidad-incertidumbre.

Einstein supo ver bien el peligro que podía significar aflojar la primera tensión. Era como si en la inclinación hacia la sola especialización viera lo mismo que vio José Ortega y Gasset (1956), *barbarie*. Sin embargo, no fue capaz de dar el paso para habitar en la segunda. Trató hasta el último, y con todos los argumentos *físicos* que poseía, de mostrar que no era adecuado que se estableciera la Mecánica Cuántica como teoría. Bohr, en cambio, resultando vencedor, mostró el camino para habitar debidamente en dicha tensión: la *complementariedad* político-científica entre lo cuántico y lo convencional (Howard, 2007). Cuestión inmensa porque esa discusión trató de algo que iba mucho más allá de la Física: crisis epocal, cultural, y política, siendo las ciencias una gran co-protagonista (Howard, 2007).

2.4 Algunos ejemplos

Se puede decir que el desafío más evidente y primero – y así también como ejemplo - es la persona misma. ¿No reina en ella lo oculto y lo aleatorio que provoca incertidumbre? ¿No es la persona un “sistema” complejo? Y si esto es así, ¿no lo es también – y acaso mucho más - la vida colectiva en sociedad? N. Luhmann quizás sea de las intelectualidades que más aportó en el siglo XX a una comprensión y modelamiento complejo de la vida en sociedad (Sloterdijk, 2001, pp. 82-141; 2011, pp. 55-92). Cuestión que Becerra (2018) refiere específicamente al campo de la epistemología constructivista mostrando que el aporte crucial de Luhmann fue:

- i) tomar a la sociedad misma como sistema de referencia, y a partir de tal, superar distintas perspectivas modernas: subjetivista, solipsista, normativa, e incluso constructivista pluralista (Becerra, 2018, pp. 18-23); y

ii) situarse rigurosa y combinadamente entre realismo y escepticismo; y que, para hacerlo, se jugara en la distinción entre “hay sistema” y “hay realidad”; y, desde tal, por ese “entremedio” epistemológico y epistémico: avanzó la pertinencia del “sistema de observadores” (Becerra, 2018, pp. 24-29).

Y acaso tal aporte crucial haya hecho, y haga, más comprensible que en ciencias se hayan desarrollado comprensiones de vida colectiva como, y mediante, sistemas complejos: hormigueros, avisperos, colmenas; y que tales comprensiones vayan y vuelvan respecto de la vida humana, o se entiendan de manera integral como organización de la vida en los seres vivos. Esto, incluso, en los niveles más inferiores. Por ejemplo, el comportamiento de un cierto grupo de organismos uni-celulares (*slime mold: Dictyostelium discoideum*) que, cuando se agota su alimento, se transforma en un organismo multicelular coherente. En efecto, si uno observa un recipiente grasiento con este tipo de uni-celulares, vera que se alimentan de la grasa existente en el recipiente y se multiplican por mitosis hasta que se acaba el alimento, o mejor dicho hasta cuando el alimento comienza a escasear. En ese momento algunos de estos uni-celulares se dan cuenta que el alimento se está agotando y comienzan a emitir una señal química, que los que se encuentran en su vecindario replican, formándose estructuras geométricas locales alrededor del líder, a saber: rayos, círculos, espirales; todas las cuales son autoorganizaciones a escalas espacio-temporales propias que se dan las diferentes colecciones o conjuntos de uni-celulares a nivel local, para transmitir la señal química de una cierta frecuencia de manera óptima. Cada una de las colonias existentes en el recipiente cuenta con alrededor de 200.000 a 300.000 integrantes que, en el estado final del proceso en comento, forman una babosa (una súper-organización multicelular), que tiene un tallo formado por 2/3 de la población de la colonia y una flor o fruto formado por 1/3 de la población de la colonia, las cuales se esporea, a la espera de mejores condiciones medioambientales, para repetir el ciclo de vida. Lo interesante es que, en la estructura multicelular, los integrantes unicelulares no pierden su individualidad. Por lo tanto, la babosa es una forma de autoorganización emergente gatillada por la escasez de alimento. Por otro lado, los primeros estados de este sistema se pueden modelar por medio de un sistema de ecuaciones en derivadas parciales hiperbólicas no lineal (leyes de conservación), el cual permite entender y describir los primeros aspectos de este fenómeno como una inestabilidad y bifurcación.

En otro orden y escala tenemos la interacción entre varias potencias: la de la fuerza delictiva; la de la fuerza policial y; la de la fuerza ciudadana. Las partes de este sistema son: la sociedad civil, las policías y los delincuentes (también los de cuello y corbata). Las relaciones entre estas partes están reguladas por la Constitución de la República y por el Sistema Legal, vigentes. Lo emergente son los delitos, o los niveles de criminalidad, o los bolsones de criminalidad; y, también, la organización civil, la organización policial, y los sub-sistemas de seguridad, etc. Este sistema se puede modelar por medio de un sistema de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineal, y dependiendo del valor de los parámetros, este sistema de ecuaciones exhibe: puntos de equilibrio estable e inestable; atractores extraños e incluso comportamiento caótico. Así se pueden abordar los sistemas sociales en general y también el cerebro formado por neuronas; el clima formado por flujos de aire; las moléculas formadas por átomos; un hospital, su departamento de emergencia y los exámenes de sangre; y las organizaciones, empresas y corporaciones en general; etc.

2.5 Distinciones importantes

Los ejemplos de aquí arriba parecen mostrarnos que el campo de los sistemas complejos hace un corte transversal a través de todas las disciplinas: matemática, física, biología, psicología, sociología, historia, economía, y así mismo en ingeniería, administración, y medicina. Y la particularidad de este campo es triple:

- i) se concentra en ciertas preguntas acerca de los elementos o partes de un sistema;
- ii) del sistema como un todo y
- iii) de las relaciones entre las partes y de estas con el todo. Así las cosas, lo suyo no son los *epifenómenos*.

Pues, en estos, las propiedades emergentes no influyen en el comportamiento de los niveles inferiores. De hecho, en ellos, las propiedades emergentes no se pueden explicar por medio de las propiedades de los niveles inferiores. En consecuencia, los epifenómenos son fenómenos secundarios o accesorios que acompañan a los fenómenos básicos, sin ninguna posibilidad de obrar sobre ellos. Entonces, de lo que se trata en el campo de los sistemas complejos es de estudiar fenómenos *emergentes* de autoorganización, cuya explicación no se reduce a las propiedades o características de las partes, porque “el todo es más que la suma de las partes”. ¿De

qué fenómenos estamos hablando? Pues, por ejemplo, de la conciencia; de la relación mente y cuerpo, del Cambio Climático; de la Educación; de la Prevención en el uso de drogas nocivas en adolescentes; de la Gobernanza; etc. En todos estos campos, y en muchos más, las relaciones *causa-efecto* no son obvias. Perturbamos un sistema complejo *aquí*, y tiene un efecto *allá*. ¿Por qué? Pues, porque las partes son interdependientes. Considere el *efecto mariposa*: “el aleteo de una mariposa en la India puede causar una tormenta en Miami”. Tal expresión viene del modelo matemático sobre el clima elaborado por E. Lorenz, el cual exhibe un comportamiento caótico en sentido matemático (el sistema es sensible a las condiciones iniciales). Cuestión que es cada vez más patente en los esfuerzos que se hacen por resolver problemas sociales, o evitar desastres ecológicos causados por nuestras propias acciones. En la ciudad de Los Ángeles, California, por ejemplo, toda vez que la policía y las organizaciones sociales intervienen en una de las llamadas “zonas calientes” para reprimir y tener bajo control a las pandillas, estas se reorganizan, mudándose de barrio, redistribuyendo las zonas calientes, y modificando el mapa de la peligrosidad en la ciudad. A través de un modelo estadístico se ha podido estudiar la emergencia, la dinámica y las propiedades de estado estacionario de las zonas calientes. Todo lo cual se discute y tiene consecuencias en el contexto de la criminología estándar y la sociología de la conducta criminal. Por otro lado, este sistema también se puede modelar por medio de una ecuación en derivadas parciales no lineal, la cual revela sobre un mapa dinámico de la ciudad, cómo, bajo diferentes tipos de perturbaciones, se modifica de manera dinámica el mapa de la peligrosidad permitiendo la predicción de la migración de pandillas. En síntesis, la disciplina de los sistemas complejos, hoy por hoy, nos ofrece un buen número de capacidades matemáticas sofisticadas. Algunas de ellas son conceptos que nos ayudan a pensar acerca de los sistemas, otras son analíticas y nos permiten estudiar estos sistemas profundamente, y otras son algoritmos o programas que nos permiten describir, modelar, o simular estos sistemas. A grandes rasgos, existen tres formas relacionadas entre sí, de aproximarse al estudio de los sistemas complejos, a saber: (a) de cómo las interacciones entre los elementos o partes dan origen a ciertos patrones de comportamiento; (b) de cómo entender la forma o manera de descripción de los sistemas complejos; y (c) de cómo comprender el proceso de formación de sistemas complejos a través de formación de patrones y de distintas evoluciones.

De acuerdo con (a), (b), y (c), lo crucial en los sistemas complejos tiene que ver con las explicitaciones, dinamismos, que se hacen a partir de la *complejidad* y sus emergencias. Toda vez que éstas son acompañadas por una corte de segundo nivel: información, patrones, conectividad, interdependencia, efectos indirectos, respuesta dinámica, retroalimentación positiva y negativa, lineal y no lineal, caos y fractales, estable e inestable, escalas espacio temporales, aleatorio y azaroso, evolución, determinista y no determinista, selección, autoorganización, replicación, desarrollo, ecosistema, red, frontera, medio ambiente, adaptación, sistema, descripción, exponentes de Liapunov, dimensión fraccionaria, etc.

Asimismo, desde una perspectiva cultural, también existe un número no menor de conceptos que emergen de las controversias comprensivas sobre la Modernidad, a saber: cartesianismo, mecanicismo, existencialismos, historicidades, controles, control distribuido, jerarquías, influencias, deconstrucción, orden fuera del equilibrio, mecánica estadística, sistemas ergódicos y cuasi-ergódicos, dinámica del no equilibrio, lenguaje y lenguajes formales, separación de escalas, reduccionismo, homeostasis, entropía, etc.

2.6 Algunas técnicas matemáticas importantes

A lo anterior hay que agregar que las descripciones multi-escala son necesarias para entender los sistemas complejos. Esto, porque se debe distinguir diferentes escalas del fenómeno en las aplicaciones a, por ejemplo, Estado-Sociedad Civil; corporaciones-empresas-instituciones; sindicatos-agrupaciones; familia-redes; individuo; etc. Así, las leyes de escalamiento, los fractales y árboles, la re-normalización, la “multigríd”, son algunas técnicas matemáticas relevantes.

Asimismo, hay que decir que la relación entre las descripciones de escala fina con las descripciones de gran escala es crucial en la comprensión de sistemas complejos (es decir, un enfoque meso, como se le ha dado en llamar en el contexto de los modelos matemáticos de migración). De acuerdo con esto, los mapeos de retroalimentaciones no lineales iterativos, la teoría de caos determinista, la amplificación y la disipación, son también algunas técnicas matemáticas relevantes.

Un buen ejemplo de esto último lo da la relevancia de los individuos en el comportamiento de gran escala en el ámbito de Economía, Salud y Sociedad. De ahí

que, a comienzos de los años 90' del siglo pasado, tuviera gran éxito e impacto la aplicación de la “técnica de la respuesta dinámica” de sistemas complejos, aplicada al estudio del comportamiento o respuesta dinámica del virus del SIDA a drogas inhibidoras, hecha por Alan Person y David Ho. A la sazón era bien conocido que el virus del SIDA tenía un largo periodo de latencia (alrededor de 10 años), periodo en el cual aparentemente no pasaba nada. Así las cosas, parecía razonable no medicar al paciente durante ese periodo, pero sí mantenerlo bajo observación. Sin embargo, cuando se comenzó a estudiar los efectos de algunas drogas inhibidoras, apareció la respuesta dinámica del virus a diferentes escalas temporales. Fue entonces cuando se dieron cuenta de que, durante el periodo de latencia de la enfermedad, había un intenso combate entre el sistema inmunológico del paciente y el virus, y solo cuando el sistema inmunológico perdía la guerra, entonces y solo entonces se presentaban todos los síntomas de esta fatal enfermedad. Es decir, durante el periodo de latencia, se eliminaban grandes cantidades de virus del SIDA, a la vez que se debilitaba el sistema inmunológico del paciente. Este descubrimiento, permitió el desarrollo de drogas inhibidoras aplicables durante el periodo de latencia del virus y así salvar muchas vidas.

2.7 Cuestión de modelamientos, de medidas, y reducciones

En la perspectiva de sistemas complejos el modelamiento matemático e informático es crucial en cuanto identificación con lo real y material. De ahí que los trabajos de A. Turing, I. Prigogine, y G. Chaitin, hayan sido – y sigan siendo - tan orientadoramente relevantes. En Producción y Sociedad tenemos, por ejemplo, que es crucial para modelar respuestas adecuadas, el reconocimiento de patrones en áreas industriales, residenciales y comerciales. Pues es de esa manera que se reconoce la formación de “clusters”: los barrios industriales, la aglomeración de población en grandes ciudades, una calle de Londres donde están todas las librerías de libros usados, las zonas calientes del peligro, etc.; y que se puede ofrecer modelamientos para abordar sus problemas. Todo ello bajo la premisa de que pequeñas perturbaciones pueden permitir la recuperación del sistema, mientras que grandes perturbaciones pueden inducir cambios radicales en las propiedades del sistema.

Se puede, además, tomar a la complejidad como una medida. Y en ese caso, dado un sistema, la pregunta es: ¿cuán complejo es? Existe mucha controversia en torno a

este punto. Pero, la respuesta estándar y general en el caso de complejidad descriptiva es: la cantidad de información necesaria para describir, o reproducir el sistema. Si la información del modelo es considerablemente más pequeña que la información del fenómeno o sistema a describir, entonces, según G. Chaitin, tenemos una teoría. Para Chaitin, entonces, comprender es comprimir¹.

De lo anterior se sigue que la percepción de la complejidad pueda depender de la escala en la que el sistema sea descrito; que la descripción del sistema dependa de la comprensión de la complejidad y que en ambos se jueguen los intentos “conservadores” de control (u orientación) de la complejidad, y los “positivistas” de reducción de la misma². Esto último nos vuelve a poner en el asunto del cambio, superposición, y complementariedad de perspectivas. Claro porque si pensamos en la Inteligencia Artificial bien sabemos que sus orígenes cibernéticos son los del cognitivismo positivista: que identifica lógica mental y lógica nervioso-central (W. McCulloch and W. Pitts, 1943), que tal interpretación de los orígenes ha sido la hegemónica; que los conservadurismos para intentar “controlar” u “orientar” tales fenómenos apelan sea a una relación entre algoritmo y filosofía utilitarista (Hidalgo, 2021) e incluso a una identificación entre “algoritmo y revelación” (Mitcham and Mackey, 2004). Sin embargo, existe una “tercera vía” de radical rigurosidad de la cual F. Varela es un claro exponente: primero, porque interpreta que, de parte de McCulloch el planteamiento cibernético era más complejo e incluso paradójico (Varela, et al. 1993, p. 39) y, segundo, porque aborda todo el asunto desde una radical interdisciplinariedad, que se pregunta y cuestiona permanente y sistémicamente por los acoplamientos de la Inteligencia Artificial y sus adecuaciones al ambiente humano universal. ¿Es pertinente hablar de control bajo esta tercera vía? ¿No se trata más bien de un autocontrol y cuidado riguroso?

2.8 Comportamiento complejo, emergencias, y descripciones

Para describir la conducta, o las acciones de un sistema como respuesta a su medioambiente, la complejidad de las variables del medioambiente es denotada por $C(e)$ y de la acción es denotada por $C(a)$, y para la función respuesta se usa la notación estándar: $a=F(e)$. Sin embargo, al menos que se hagan algunas suposiciones que simplifiquen el problema, especificar la respuesta del sistema a cada variable medioambiental requiere una cantidad de información que crece exponencialmente

con la complejidad del medioambiente, y se debe especificar una respuesta para cada medioambiente posible³. Esto implica que: el conductismo en psicología, o la fenomenología estricta en cualquier campo, o testear los efectos de drogas múltiples, o testear “computers chips” con muchos bits de entrada, es básicamente imposible. Lo cual hace también imposible el control.

Nuevamente entramos al campo de las perspectivas y de cómo nos situamos y sostenemos (interdisciplinaria e integralmente) en la era de los sistemas complejos. Y la pregunta adecuada aquí, por tanto, es: ¿qué hay de la *emergencia*? Ésta se relaciona con la dependencia del todo de las partes, la interdependencia de las partes, y la especialización de las partes. Esto incide directamente en cómo estudiamos los sistemas, tanto teórica, como experimentalmente. Y una cuestión es clara al respecto: que el estudio de las partes por separado de un sistema complejo no funciona, y la naturaleza de los sistemas complejos debe ser puesta a prueba investigando cómo los cambios en una parte afectan a otras, y a la conducta del todo.

Ahora, dado un sistema, podemos preguntar: ¿cuándo el estado/respuesta de una de sus componentes depende del estado de cada una de las otras componentes, y no del promedio? De acuerdo con “El Teorema del Limite Central”, de la teoría de probabilidades, la respuesta sería cuando las componentes no son independientes, es decir cuando son interdependientes, y de acuerdo con la regla 7 ± 2 el número de componentes interdependiente debiera ser aproximadamente 7^4 . Ahora, si el sistema es dinámico entonces la descripción debe incluir los cambios del sistema en el tiempo: (1) midiendo la longitud de la descripción del sistema en un lenguaje humano, considerando un “bit” por carácter alfabético, y contando los espacios en blanco; (2) midiendo la información genética contenida en el ADN; y (3) contando el número de componentes del sistema.

En síntesis, la relación entre un sistema complejo y su descripción es relevante para las simulaciones, el reconocimiento de los sistemas en sus modelos, la codificación y decodificación, y la complejidad del algoritmo. Todo lo cual forma parte de la comprensión del fenómeno en cuestión. De ahí que, como tales, estén siendo aplicados en biología del desarrollo, en ingeniería de diseño, y en cuestiones organizacionales tales como el rediseño del proceso de obtención de un examen de sangre de un cierto departamento de urgencia. Es decir, los sistemas complejos no

sólo están siendo aplicados para abordar lo inmenso, pues, cuando es posible, unas pocas reglas simples y un número pequeño de variables pueden crear un sistema complejo adaptativo, y pequeñas reducciones en el número de variables y reglas pueden tener un impacto dramático y no lineal en la reducción de la complejidad del sistema.

3. Discusión

¿Da todo lo anterior para mostrar la emergencia de un paradigma cultural que puede considerarse como tal desde la comprensión y modelamiento de lo sistémico complejo? ¿O lo hace, más bien, para mostrar que hoy habitamos en una superposición de paradigmas o en dinamismos donde se traslapan distintas perspectivas haciendo imposible que un nuevo paradigma se constituya como tal? Así las cosas, discutimos con todas aquellas posiciones que parecen no considerar o negar u obstaculizar la emergencia de una perspectiva moderno-tardía y paradigmática. La gama es amplísima, sin embargo, podemos agruparlas de la siguiente manera:

- i) postmodernista;
- ii) científico-metafísica;
- iii) económica neoclásica; y
- iv) científico especialista.

Para la primera, baste con referirse al estudio de J.F. Lyotard a fines de los años '70 que especifica la *condición postmoderna* como la imposibilidad e inviabilidad de cualquier metarrelato dado el fracaso de los tres principales (cristianismo, liberalismo, y marxismo), con la consiguiente imposibilidad de legitimación de unas ciencias respecto de otras, y la inviabilidad política dada la atomización de subjetividades en la vida cotidiana. De acuerdo con tal posición la emergencia de una nueva perspectiva paradigmática simplemente no es posible. Cuestión que P. Sloterdijk considera (sin negar la validez y aporte de los argumentos), como una pereza de parte del pensar, pues para él, a *contra sensu*, tal emergencia toma todo su sentido justamente al lidiar con lo inmenso, la desmesura, y lo caótico (Sloterdijk, 2005, p. 14; 2010, p. 21). Además, el alemán, avanza que sin duda un metarrelato a considerar hoy es el ecológico, pues la catástrofe global para él es “la diosa del siglo”, al ser la única que puede hoy mandarnos “has de cambiar tu vida” (Sloterdijk, 2009, pp. 701-702; 2012,

p. 565). La segunda postura discutida es aquella que insiste en validar un paradigma metafísico. Es el caso, por ejemplo, de J.T. Alvarado, quien respecto de los paquetes de tropos nucleares y los estudios que sostienen interdependencia en equivalencia, avanza, más bien una dependencia estricta, es decir, ontológica irreflexiva, transitiva, y asimétrica. Más aún, para él, si bien la mayoría de las formas de paquetes de tropos nucleares son ininteligibles, existen algunos que tienen un único tropo nuclear y son coherentes. A estos, él los llama “tropos metafísicos”, no pudiendo, eso sí, en su conclusión, defenderlos: “Aquí, en estas líneas, no es posible defender una metafísica del tropo, pero vale la pena señalar cuán sorprendente es este hecho. Resulta que, para preservar las ventajas de una ontología de tropos en la que los objetos son conjuntos de tropos, es necesario suponer que la unidad de un objeto se basa en la dependencia de los tropos periféricos a un único tropo nuclear. Y una teoría nuclear con un solo tropo nuclear se parece mucho a la teoría tradicional de los *substrata* que ejemplifican propiedades” (Alvarado, 2016, p. 221). La tercera posición, la económica neoclásica, es similar a la anterior, en el sentido que insiste en mantener su perspectiva sin abrirse a las deconstrucciones que pudiese provocarle, en su caso, las matemáticas complejas. En efecto, el error de los economistas desde Menger en adelante, por ejemplo, Arrow, Samuelson, Markowitz, ha sido tratar casi todos los sucesos, eventos, hechos, fenómenos, sistemas y procesos económicos como estáticos, o dinámico determinista, y en el mejor de los casos como ergódicos. Pero, la gran mayoría de los eventos, hechos, fenómenos, sistemas, y procesos económicos no son ergódicos, es decir el promedio de tiempo no coincide con el promedio del conjunto de trayectorias o grupo de trayectorias. Por último, está la posición científica segmentada, y en ese sentido, no integradora, negando la emergencia de una posible rigurosidad integral. Para entenderla recurriremos a las diferencias que tuvieron H. Maturana y F. Varela.

En la edición 20 años después del libro *De Máquinas y Seres Vivos. Autopoiesis: la organización de lo vivo*, cada uno redactó su propio prefacio. Maturana, en el suyo, expresa de entrada que el subtítulo tendría que haber sido el título del libro, “pues su tema es la organización del ser vivo” (Maturana, en Maturana y Varela, 1994, p. 10). Es decir, Maturana concibió la *autopoiesis* como una teoría estrictamente biológica. Varela, en su prefacio, en cambio, se sitúa en el contexto donde la *autopoiesis* ya ha sido tomada por múltiples disciplinas, y en la comprensión actual e interdisciplinar que

él tiene de tal aporte científico. Y en tal sentido, acaso lo crucial es que Varela al referirse a la especificidad de la *autopoiesis* 20 años después, lo hace en seis puntos, y en el penúltimo expresa algo que lo llevó a vivir lo cognitivo de manera rigurosa, interdisciplinar e integral: “Los sistemas autopoieticos inauguran en la naturaleza el fenómeno interpretativo” (Varela, en Matura y Varela, 1994, p. 72).

4. Conclusiones

1) De acuerdo con los acontecimientos de los últimos decenios, es obvio que la civilización humana ha devenido manifiestamente interdependiente; 2) la encrucijada que en la hora presente enfrentan, desde tal interdependencia, las personas y las organizaciones se puede considerar *monstruosa*; 3) puesto que a la civilización humana la podemos considerar como un sistema único, para tratarla como un sistema complejo, podemos usar analogías cualitativas con otros sistemas biológicos (hormigueros, avisperos, colmenas, etc.), y podemos ir más allá de ellas en nuestro esfuerzo por entenderla, buscando los principios fundamentales de los sistemas complejos; 4) el peligro que existe cuando pensamos una colección de seres humanos desde el punto de vista de sistemas complejos es que la perspectiva acerca de la importancia del individuo puede verse disminuida, pero, se puede, y quizás se debe, seguir buscando comprender de mejores formas la emergencia y la interdependencia; 5) ahora, existe abundante evidencia de que ha ocurrido una transición en la estructura de las organizaciones humanas con consecuencias intrigantes y transformadoras, provocando una transición que la aleja del control jerárquico; 6) para una persona las consecuencias de esta transición son múltiples y manifiestas, pues existe una especialización creciente de los contextos sociales y profesionales provocando que las personas habiten en una superposición de perspectivas socioculturales que dificulta enormemente su comprensión de los procesos sociales y económicos en curso, y, no obstante, en cuanto componentes de un organismo complejo, están protegidas de muchos peligros; 7) sin duda, en lo moderno tardío ha habido una desmarcación de lo jerárquico. Sin embargo, éste, socioculturalmente sigue teniendo una relevancia; 8) desde la perspectiva de sistemas complejos, para que un sistema jerarquizado funcione es necesario que la complejidad del comportamiento de toda la organización (en su escala propia) sea menor que la complejidad del individuo (o del grupo de individuos) que pretende controlar la organización; así, la transición y

alejamiento de las organizaciones del control jerárquico es consistente con la transición a la de sistemas complejos, ya que previamente las organizaciones humanas actuaban de manera más simple que un individuo, ahora ellas son más complejas; 9) nuestra habilidad para predecir la conducta colectiva de los sistemas sociales y la civilización humana en su conjunto es muy limitada; 10) lo *monstruoso* dice relación con que estamos tomando decisiones bajo condiciones de volatilidad, incertidumbre, complejidad, y ambigüedad, de grados variables, pero todos inmensamente considerables y transformadores; 11) en algunas de estas decisiones se han usado procedimientos sistemáticos y explícitos, diseñados para asegurar que las variables relevantes hayan sido incluidas, y así también, otros procedimientos siguen siendo básicamente intuitivos e incluso improvisados sobre la marcha; 12) la rapidez del cambio científico-tecnológico ha generado, y sigue generando, un medio en extremo volátil, que se manifiesta, por ejemplo, en un sistema económico conducido por retroalimentaciones positivas, en lugar de retroalimentaciones negativas como en el pasado; 13) hoy no existen en la Economía puntos de equilibrio estables que garanticen una cierta porción del Mercado. Por el contrario, de lo que se trata ahora es de luchar constantemente por el Mercado, creando nuevos puntos de equilibrio, que vengán a sustituir los presentes en una suerte de juego dinámico sin límite temporal; 14) la innovación y la diversificación se presentan como soluciones frente a este fenómeno. Es decir, la incertidumbre se combate con más conocimiento; 15) sin embargo, mayor conocimiento, parece generar paradójicamente, más ignorancia al ampliar los horizontes de la investigación; 16) la ambigüedad también parece ser un fenómeno similar: vivimos rodeados de signos, señales, símbolos, mensajes, etc., todos sujetos a interpretación. Muchos eventos importantes son ambiguos, especialmente cuando tenemos que lidiar con problemas inter o multi-culturales, los cuales provocan diferentes interpretaciones y contextos significativos; 17) estas condiciones alientan ideologías sesgadas, intereses especiales, y tensiones entre subculturas organizacionales; 18) la disciplina de gestión del conocimiento aparece como una respuesta a este fenómeno paradójico y ambiguo; 19) así, se torna relevante saber cómo identificar datos e información sólidos y verdaderos. Para esta tarea existen múltiples técnicas o métodos de análisis de datos e información que tendrían que entrecruzarse y mantenerse como apoyos y como hipótesis válidas a seguir discutiendo; 20) nuestra habilidad para predecir no sólo se ha hecho cada vez más limitada, sino que una variedad de preguntas intrigantes e inevitables nos acosan:

(a) ¿Cuál es el origen de la civilización como sistema complejo?; (b) ¿Cuál es la relación entre cultura, responsabilidad pública y verdad?; (c) ¿Cómo describir mejor las analogías entre una corporación y un organismo biológico, y entre una nación-estado y un organismo biológico?; (d) ¿En qué aspectos las analogías se rompen, es decir pierden validez?; (e) ¿Cómo discutir más profusamente la naturaleza de la interdependencia en las corporaciones?; (f) ¿Cómo cambia la vida de la gente en un determinado lugar, si ocurren cambios dramáticos en otro lugar del mundo?; (g) Si el control central en los sistemas sociales y económicos tiende a desaparecer, ¿podemos concluir a partir de la complejidad de estos sistemas, que continuara decayendo el control central y jerárquico, o incluso que desaparecerá completamente la estructura jerárquica en la civilización humana?; (h) Si la civilización global (como súper-organismo), es más compleja que un ser humano, y un ser humano es más complejo que las demandas medioambientales que recaen sobre él, ¿qué proceso pudo haber causado la formación de un organismo más complejo que el medioambiente?; etc.

Referencias Bibliográficas

- Alvarado, J. T. (2016). Nuclear Bundles of Tropes and Ontological Dependence. *Disputatio. Philosophical Research Bulletin*, 5(6), 205–224.
- Becerra, G. (2018). La epistemología constructivista de Luhmann. Objetivos programáticos, contextos de discusión y supuestos filosóficos. *Sociológica*, año 33, número 95, septiembre-diciembre, pp. 9-38.
- Calude, C. S. (2007). *Randomness and Complexity. From Leibniz to Chaitin*. World Scientific Publishing Co.
- Capra, F. (1997). *The Web of Life*. Anchor Books.
- Capra, F. (2004). *The Hidden Connections*. Anchor Books.
- Casti, J. L. (2013). *X-Events. Complexity Overload and the collapse of everything*. Harper Collins Publishers.
- Casti, J. L. and Karlqvist, A. (1986). *Complexity, Language, and Life: Mathematical Approaches*. Biomathematics Vol. (16). Springer-Verlag.

- Castillo, G. (2007). Literal: lo postmetafórico en Gilles Deleuze y Peter Sloterdijk. *Frasis-PUC*, 263-280.
- Cilliers, P. (1998). *Complexity & Posmodernism. Understanding complex systems*. Routledge.
- Chaitin, G. J. (1999). *The Unknowable*. Barnes & Noble.
- Chaparro, S. (2019). El concepto de “Liberación animal” en Peter Singer y Gary Francione visto desde un análisis marxista. Escuela de Ciencias Humanas Programa de Filosofía Universidad del Rosario.
- Deleuze, G., Guattari, F. (1980). *Mille Plateaux. Capitalisme et Schizophrénie*. Les Éditions de Minuit.
- Derrida, J. (1967). *De la Grammatologie*. Les Éditions de Minuit.
- Foucault, M. (2004). *Naissance de la Biopolitique. Cours au Collège de France (1978-1979)*. Gallimard.
- Frاندzen, G. (2013). El hombre y el resto de los animales. *TINKUY* (20), Section d'Études Hispaniques. Université de Montreal.
- Heidegger, M. (1962). *Chemins qui ne mènent nulle part*. Gallimard.
- Howard, D. (2007). “Revisiting the Einstein’s Bohr Dialogue”. RAstor. <http://dx.doi.org/10.2307/23354465>
- Kuhn, T. (1996). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.
- Lane, D. C. (2008). The Power of the Bond Between Cause and Effect: Jay Wright Forrester and the Field of System Dynamics. <http://systemdynamics.org/publications>.
- Latour, B. (1997). *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*. La Découverte.
- Liotard, J. F. (1998). *La Condición Postmoderna*. Cátedra.
- Maturana, H. y Varela, F. (1994). *De Máquinas y Seres Vivos. Autopoiesis: la organización de lo vivo*. Editorial Universitaria.

- Mitcham, C. y Mackey R. (2004). *Filosofía de la Tecnología*. Edición al español de Quintanilla, I. Madrid: Ediciones Encuentro.
- OECD, Observatory of Public Sector Innovation (2017). *Working with change. Systems approaches to public sector challenges*. OECD Better Policies for Better Lives.
- Ortega y Gasset, J. (1956). *Meditación de la Técnica*. Madrid: Revista de Occidente. Colección Arquero.
- Prigogine, I. (1980). *From Being to Becoming*. W.H. Freeman and Company.
- Sloterdijk, P. (2001). *Nicht gerettet. Versuche nach Heidegger*. Suhrkamp.
- Sloterdijk, P. (2005). *Im Weltinnenraum des Kapitals. Für eine philosophische Theorie der Globalisierung*. Suhrkamp.
- Sloterdijk, P. (2009). *Du mußt dein Leben ändern*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Sloterdijk, P. (2010). *Temperamentos Filosóficos. De Platón a Foucault*. Ediciones Siruela.
- Sloterdijk, P. (2010a). *En el mundo Interior del Capital. Para una teoría filosófica de la globalización*. Ediciones Siruela.
- Sloterdijk, P. (2011). *Sin Salvación. Tras las huellas de Heidegger*. Ediciones Akal.
- Sloterdijk, P. (2012). *Has de cambiar tu vida*. Pre-Textos.
- Sloterdijk, P. (2018). *Nach Gott: Glaubens- und Unglaubensversuche*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Smolin, L. (2001). *Three Roads to Quantum Gravity*. Basic Books.
- Sterman, J. D. (2002). All Models are wrong: reflections on becoming a systems scientist. *System Dynamics Review* 18 (4), 501-531.
- Varela, F., Thomson, E. y Rosch, E. (1993). *The Embodied Mind. Cognitive Science and Human Experience*. MIT Press.
- Williams, R. (2003). *Retooling. A Historian Confronts Technological Change*. MIT Press.

¹ En palabras más técnicas, se puede decir que, si la información a introducir en una máquina de Turing universal para reproducir el fenómeno o sistema a describir tiene un número de bits considerablemente más pequeño que el número de bits del fenómeno o sistema en cuestión, entonces tenemos una teoría, y a tal número de bits se le llama complejidad del fenómeno o sistema. Y en caso contrario, se dice que el fenómeno o sistema tiene complejidad infinita. Según esta definición, el número Π tiene complejidad finita, mientras que el número Ω (descubierto por G. Chaitin) tiene complejidad infinita. Todo lo cual constituye el concepto de complejidad algorítmica. Ahora bien, la complejidad de una ristra se define como el largo de la entrada binaria más corta a una máquina universal de Turing, de manera que la salida es la ristra.

² Por eso una vez que se ha escogido una determinada escala, la complejidad debe estar bien definida y acotada (en un instante particular), por la información necesaria para describir los microestados del sistema (la entropía). Además, es de notar que la complejidad a gran escala requiere correlaciones a pequeña escala, lo cual retrotrae la complejidad a escalas pequeñas. Por ejemplo: es bien sabido que el movimiento browniano (elevada complejidad a pequeñas escalas) es cancelada por los promedios a gran escala; y en la relación entre mecánica cuántica y mecánica estadística, ocurre que a nivel de esta última se cancelan los efectos cuánticos (algunas medidas que se usan en complejidad descriptiva son: la longitud de la descripción del sistema (un “bit” por carácter); información genética del ADN; y el número de componentes del sistema.). Para sistemas dinámicos, entonces, la descripción debe incluir los cambios del sistema en el tiempo. Y cuando se trata de la respuesta de un sistema dinámico al medio ambiente, hay que considerar la cantidad de información necesaria para describir la respuesta del sistema. Esto último se llama complejidad conductual o de comportamiento del sistema. Sin embargo, en cualquier caso, la complejidad es unmedida de las dificultades inherentes para lograr el entendimiento deseado del sistema. Finalmente, aplicando otras formas de medir la complejidad del ser humano, por ejemplo, por componentes e inteligencia artificial, se llega a justificar una complejidad del orden de $10^{10 \pm 2}$. Y, análogamente, se puede tratar de medir la complejidad de las organizaciones, empresas, o consorcios modernos. Los resultados generales arrojan, que la complejidad de colecciones de seres humanos tales como organizaciones, empresas y consorcios han evolucionado de manera que su complejidad es mucho mayor que la de cualquier ser humano.

³ Entonces, $C(F) = C(a) \cdot 2^{C(e)}$, lo cual es imposible de hacer, excepto para medioambientes simples (es decir, para $C(e)$ menor que una pequeña cantidad de decenas de “bits”).

⁴ La regla 7 ± 2 de Miller establece que una persona en un momento o tarea dada tiene la capacidad para recordar y manipular un máximo de 7 ± 2 trozos (*chunks*) de información. Por otro lado, el principio de conectividad e interdependencia que da origen a la emergencia es crucial para entender por qué “el todo es más que la suma de sus partes”.