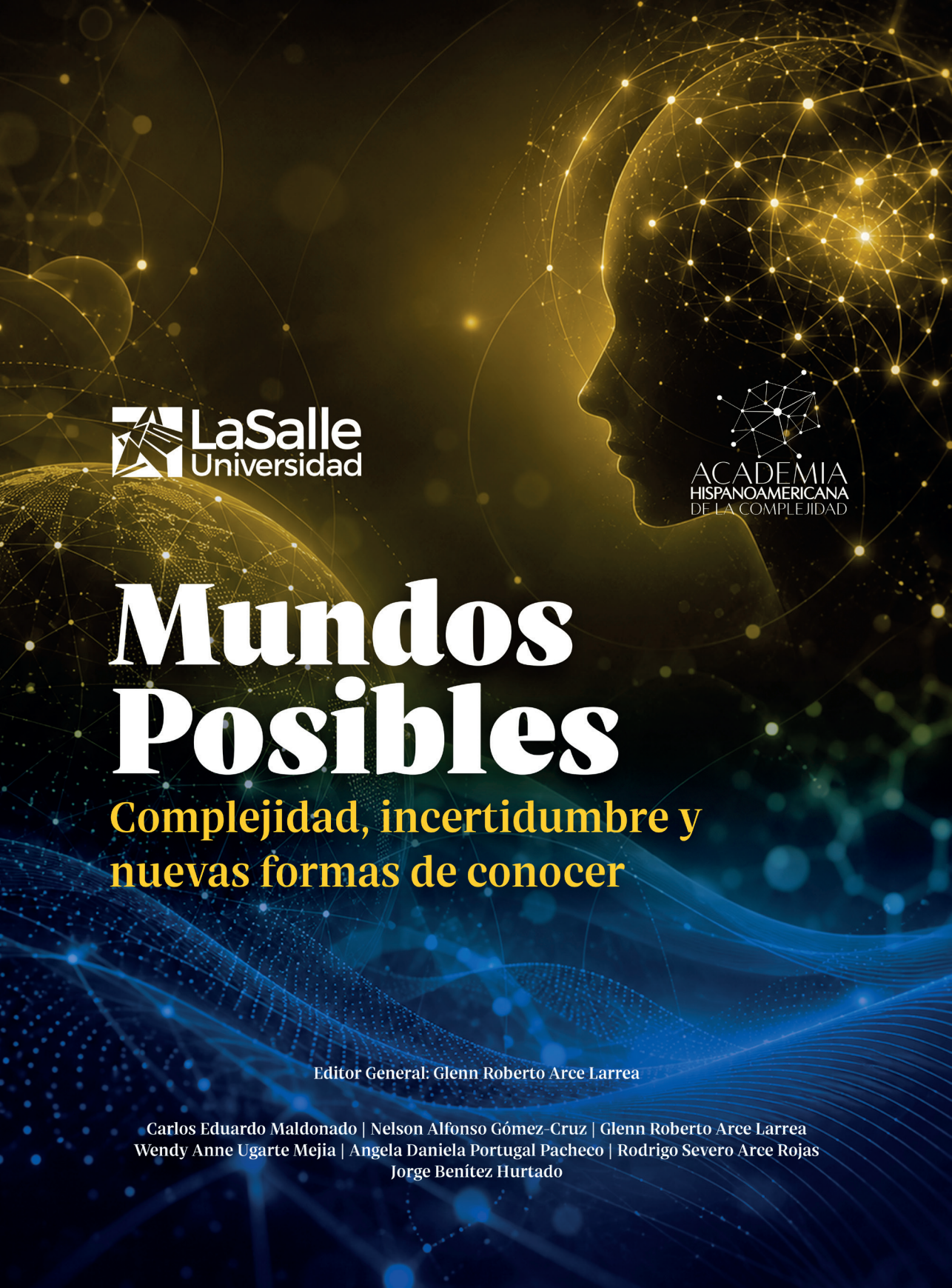


LaSalle Universidad

ACADEMIA HISPANOAMERICANA DE LA COMPLEJIDAD

Mundos Posibles

Complejidad, incertidumbre y nuevas formas de conocer

Editor General: Glenn Roberto Arce Larrea

Carlos Eduardo Maldonado | Nelson Alfonso Gómez-Cruz | Glenn Roberto Arce Larrea
Wendy Anne Ugarte Mejia | Angela Daniela Portugal Pacheco | Rodrigo Severo Arce Rojas
Jorge Benítez Hurtado

UNIVERSIDAD LA SALLE

MUNDOS POSIBLES

COMPLEJIDAD, INCERTIDUMBRE Y NUEVAS FORMAS DE CONOCER

ACADEMIA HISPANOAMERICANA DE LA COMPLEJIDAD



MUNDOS POSIBLES:
Complejidad, incertidumbre y nuevas formas de conocer

Diseños de Carátula: Jorge Luis Contreras Cano

Diagramación: Universidad La Salle





Editado por:
© Universidad La Salle. Fondo Editorial, 2026
Av. Alfonso Ugarte 517, Arequipa, Arequipa, Perú.

Editor General:
Glenn Arce Larrea
Derechos Reservados
© Carlos Eduardo Maldonado
© Nelson Alfonso Gómez-Cruz
© Glenn Roberto Arce Larrea
© Wendy Anne Ugarte Mejia
© Angela Daniela Portugal Pacheco
© Rodrigo Severo, Arce Rojas
© Jorge Benítez Hurtado

Constituye un LIBRO RESULTADO DE INVESTIGACIÓN, por cuanto su contenido deriva de actividades sistemáticas de investigación desarrolladas en el marco de:

Proyecto de investigación:
Ciencias de la Complejidad

Línea de investigación:
Ciencias de la Complejidad

Unidad/Grupo de investigación:
Academia Hispanoamérica de la Complejidad

Periodo de ejecución:
Junio 2024 - diciembre 2025

ISBN: 978-612-46511-7-5
Hecho en el Depósito Legal N° 2026-11567

Primera edición digital, septiembre de 2026
Libro disponible en: https://repositorio.ulasalle.edu.pe/handle/20.500.12953/331

El contenido publicado es responsabilidad exclusiva de su autor. No se permite la reproducción total o parcial de este libro sin la autorización escrita de los titulares del copyright.

Índice de Contenido

INTRODUCCIÓN **3**

SECCIÓN I: EPISTEMOLOGÍAS Y LÓGICAS DE LA COMPLEJIDAD 5
Autor: Carlos Eduardo Maldonado

1. Introducción 8
2. La "lógica" en las (LNCs) 11
3. Los rasgos estructurales de las (LNCs) 15
4. El problema: matices y cromatismos 19
5. Red de redes en el panorama de las (LNCs) 23
6. Conclusiones 27

SECCIÓN II: COMPLEJIDAD, VIDA Y COMPUTACIÓN 31
Autor: Nelson Alfonso Gómez-Cruz

1. Introducción 34
2. El modelo estándar de computación y sus límites 36
3. De la hipercomputación clásica a la no clásica 39
4. La naturaleza computacional de los sistemas vivos 42
5. Hipercomputación interactiva 46
6. Conclusión: la vida como una forma de hipercomputación 49

SECCIÓN III: REDES, FINANZAS E INCERTIDUMBRE SISTÉMICA 59
Autores: Glenn Roberto Arce Larrea | Wendy Anne Ugarte Mejia | Angela Daniela Portugal Pacheco

1. Introducción 64
2. La crisis de los modelos financieros tradicionales 66
3. Redes financieras y propagación del riesgo sistémico 70
4. Las finanzas como sistema complejo 74
5. Hacia una epistemología de la incertidumbre sistémica 79
6. Discusión 83
7. Conclusión 86

SECCIÓN IV: SISTEMAS COMPLEJOS Y PENSAMIENTO SOCIOAMBIENTAL 91
Autor: Rodrigo Severo Arce Rojas

1. Introducción 95
2. Metodología 96
3. Resultados 97
4. Discusiones 112
5. Conclusiones 119

SECCIÓN V: DERECHO, SOCIEDAD Y COMPLEJIDAD 133
Autor: Jorge Benítez Hurtado

1. Introducción 136
2. El derecho como sistema normativo limitado para contener la corrupción 137
3. La corrupción como normatividad complementaria 140
4. Estabilización y expansión de las normatividades complementarias corruptas 144
5. El papel de la autoorganización de la sociedad civil en la disrupción de normatividades complementarias 146
6. Terapia social compleja para contener la corrupción: hacia una ecología del vínculo social 149
7. Conclusiones 157

EPÍLOGO 163

INTRODUCCIÓN

Este libro no surge de una intención de recopilación, sino de una inquietud compartida: la necesidad de pensar de otro modo. En un contexto académico que con frecuencia privilegia la fragmentación del conocimiento, los textos aquí reunidos insisten, desde distintos lugares, en la urgencia de comprender los fenómenos como entramados complejos, atravesados por múltiples racionalidades y tensiones.

Más que ofrecer respuestas cerradas, los capítulos que componen esta obra abren preguntas. Preguntas sobre las formas en que conocemos, sobre los límites de nuestras categorías analíticas y sobre la posibilidad de construir perspectivas que no reduzcan la realidad a esquemas simplificadores. En este sentido, el libro no pretende establecer un marco definitivo, sino propiciar un espacio de diálogo entre miradas que, aunque diversas, convergen en una preocupación común: la insuficiencia de los enfoques lineales para dar cuenta de lo contemporáneo.

El lector encontrará aquí aproximaciones que se sitúan en el cruce entre epistemología, pensamiento crítico y estudios de la complejidad. Sin embargo, lo que articula el conjunto no es únicamente el tema, sino una cierta actitud frente al conocimiento: una disposición a problematizar lo dado, a tensionar los marcos establecidos y a reconocer que todo acto de comprensión implica también una toma de posición.

Es un esfuerzo de la academia hispanoamericana de la complejidad y la Universidad La Salle.

En este sentido, este libro puede leerse como una invitación. No a adoptar un enfoque particular, sino a habitar la incomodidad que supone pensar sin garantías, en un terreno donde las certezas se vuelven provisionales y el conocimiento se construye en diálogo, en disputa y en permanente revisión.

Glenn Arce Larrea
Editor General

SECCIÓN

I

EPISTEMOLOGÍAS Y LÓGICAS DE LA COMPLEJIDAD

LaSalle Universidad

Los textos que integran esta sección comparten una preocupación por las formas en que se produce y se valida el conocimiento. Lejos de asumir la epistemología como un campo abstracto o exclusivamente teórico, los autores aquí reunidos la abordan como un espacio en disputa, atravesado por tensiones históricas, políticas y conceptuales.

En conjunto, los capítulos problematizan la idea de una racionalidad única y universal, proponiendo en su lugar una mirada que reconoce la coexistencia de múltiples formas de conocer. Esta perspectiva no implica una renuncia al rigor, sino una ampliación de sus condiciones de posibilidad: pensar con otros marcos, desde otros lugares y con otras preguntas.

La noción de complejidad aparece aquí no como una etiqueta, sino como una exigencia. Exigencia de abandonar explicaciones lineales, de atender a las interrelaciones y de asumir que los fenómenos no pueden comprenderse plenamente desde una sola dimensión. En este sentido, los textos no solo reflexionan sobre la complejidad, sino que intentan practicarla en sus propios modos de argumentación.

Esta sección propone, entonces, un desplazamiento: del conocimiento entendido como acumulación, hacia el conocimiento como proceso abierto, situado y necesariamente incompleto.

MAPA DE LAS CONEXIONES ENTRE LAS LÓGICAS NO-CLÁSICAS.

PENSAMIENTO ALTERNATIVO RADICAL Y CIVILIZACIÓN

Carlos Eduardo Maldonado

Profesor Titular

Facultad de Medicina

Universidad El Bosque

maldonadocarlos@unbosque.edu.co

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9262-8879

Resumen: Las lógicas no-clásicas (LNCs) constityen una de las ciencias de la complejidad (Maldonado, 2017; 2020). Sin chovinismo alguno, este es un logro de la investigación de América Latina. Este texto profundiza la comprensión de las LNCs elaboran un mapa de conexiones entre varias de ellas. La tesis que se formula es que no todas las lógicas sirven para todo, pero sí es posible en contrar unos vínculos de familiriariedad entre distintas, lo cual fortalece aún más la comprensión originalmente elaborada. Pensar en acuerdo con las LNCs comporta una estructura mental radicalmente distinta a la habida clásica, en la civilización occidental.

Palabras Clave: Racionalidad; Pensamiento tradicional; Revolución en el pensamiento; Vida; Pensar en Posibilidades y en Imposibilidades

Abstract: Non-classical logiocs (NCLs) are clearly on the sciences of complexity (Maldonado, 2017; 2020). Without any chauvinism such is the achievement of research from Latin America. This chapter digs into the understanding of NCLs while elaborating a map of various relatiosnhips among them. The chapter claims that not all NCLs are equally useful, and yet it is possible to find various kin connections among them, with helps strenghtening the comprendhension originally reached. Thinking in accordance to NCLs entails a radically different mindset than the one we have had until to-date in the history of the western thought.

Key Words: Rationality; Traditional thinking; Revolution in thinking; Life; Thinking about Possibilities and Impossibilities

1. Introducción

En el año 2017 quedó establecido por primera vez que las lógicas no-clásicas forman parte de las ciencias de la complejidad (Maldonado, 2017). Varios antecedentes de esta idea se encuentran en (Maldonado, 2007a; 2007b; 2006; 2001). Una presentación global del tema y una ampliación y profundización se encuentra en (Maldonado, 2017; 2020). Una aplicación o extensión del tema se halla en (Maldonado, 2024a).

Este texto avanza sobre los antecedentes mencionados y se propone defender una idea: las lógicas no-clásicas constituyen una radical alternativa al estilo de pensamiento tradicional habido en la historia de la civilización occidental. Para ello es indispensable elaborar un mapa de las diferentes conexiones existentes y posibles entre las (LNCs). Este será el motivo principal de este capítulo. No todas las (LNCs) sirven para cualquier cosa; manifiestamente un enunciado trivial, pero necesario de cara a quienes se introducen en este panorama del pensamiento lógico. Hay lógicas que tienen una envergadura determinada, otras que tienen un alcance distinto, y otras más que tienen

propósitos propios perfectamente distintos de las demás, por ejemplo. Mientras que (Maldonado, 2017; 2020) presentó el bosque de las (LNCs), este texto se propone recorrer el bosque para identificar diversos biomas o ecosistemas; si tomamos como metáfora a un bosque tropical húmedo -que es el caso de la mayoría de los países megadiversos-, éste se articula en selva húmeda, pantanosa, manglar y selva de inundación, principalmente. Será el objeto de otro trabajo distinto, logra ver los árboles, si cabe la metáfora; esto es, cada una de las LNCs, un tema sobre el cual, por lo demás, existe en cada caso una sólida bibliografía. No así sobre el mapa ni sobre la justificación de las relaciones con las ciencias de la complejidad.

Puntualicemos: es posible pensar dinámicas no-lineales, emergencias y autoorganización, complejidad creciente, fluctuaciones, turbulencias e inestabilidades, la importancia de la flecha del tiempo y la asimetría entre pasado y futuro, transiciones de fase de primer y de segundo orden -apara mencionar tan sólo algunas de las características y fenómenos y sistemas complejos; es posible, digo, pensar los comportamientos anteriores, que típicamente estudian, por ejemplo, la biología y la matemática, la física y la termodinámica del no-equilibrio o algunas de las ciencias sociales, también en términos lógicos; más específicamente, en términos de las LNCs.

Para ello, de entrada, es absolutamente indispensable observar que en general, la lógica:

- Es una *teoría de las demostraciones*. Esto significa que no es obligatorio para nada demostrar cosas por la vía física o experimental; y ni siquiera única o principalmente matemática. Además, y de manera significativa, es posible demostrar cosas por la vía lógica.

- Es una *teoría de modelos*. La ciencia no sola y no simplemente estudia fenómenos y comportamientos. Además, y quizás de manera fundamental, discute modelos, y se da a la tarea de formular modelos; digamos, sobre el mundo, la naturaleza, la sociedad. La lógica elabora modelos, de suerte que no es obligatorio o necesario que éstos deban ser, por ejemplo, económicos, políticos, físicos o de otra índole. Exactamente en este sentido, las LNCs abren de par en par la puerta para un capítulo sugestivo e

importante que es la metateoría.

- Es una *teoría de recursividad.* Todos los problemas deben poder resolverse en términos de árboles de decisión; esto es lo que se entiende como la definabilidad de un problema. Mediante ciertas reglas elementales un problema dado puede resolverse mediante un algoritmo específico. Así, simple y llanamente, la lógica es un modo de resolver problemas.

Estos tres rasgos son el resultado de cinco teoremas publicados por Gödel (2018)[1]. Gödel es, por así decirlo, la bisagra fundamental entre la lógica formal clásica y las lógicas no-clásicas.

La tesis formulada se articula a través de cuatro argumentos. El primero establece que la "lógica" en las (LNCs) no tiene absolutamente nada que ver con la lógica formal clásica (LFC). La razón estriba en el hecho de que la raíz del carácter no-clásico se encuentra en la biología, *lato sensu.* Así las cosas, el tema que emerge es una comprensión novedosa de la biología o, lo que es equivalente, para el caso, la ecología. El primer argumento aporte justificaciones. El segundo argumento elabora, por así decirlo, los denominadores mínimos comunes al panorama entero de las (LNCs). Esto son tres, a saber: el no respeto de los tres principios clásicos de la (LFC): el de identidad, el no-contradicción y el de tercero excluido; la no-monotonicidad, y finalmente el hecho de que trabajan con posibilidades. Puntualmente dicho, la semántica de las (LNCs) es la semántica de mundos posibles. El tercer argumento elabora un mapa conceptual, y lo justifica, de relaciones y conexiones que dan como resultado la existencia de distintas redes, magníficamente interconectadas, dentro del panorama de las (LNCs). Finalmente, el cuarto argumento afirma que las (LNCs) constituyen un sorprendente continente, móvil y abierto. Este cuarto argumento consiste en la demostración de que estamos accediendo a un momento en el que la racionalidad debe ser comprendida desde cero (*from scracht*). Al final en las conclusiones se formulan algunas ideas-guía que cie-

1 Estos cinco teoremas son los siguientes: "Algunos resultados metamatemáticos sobre completud e inconsistencia" de 1930; "Sobre sentencias formalmente indecidibles de Principia Mathematica y sistemas afines", de 1931; "Un caso especial del problema de la decisión en la lógica teírica", de 192 "Sobre completud e inconsistencia", de 1932; "Sobre las sentencias indecidibles de sistemas formales matemáticos" de 1934.

rran este trabajo pero que abren dos caminos adicionales.

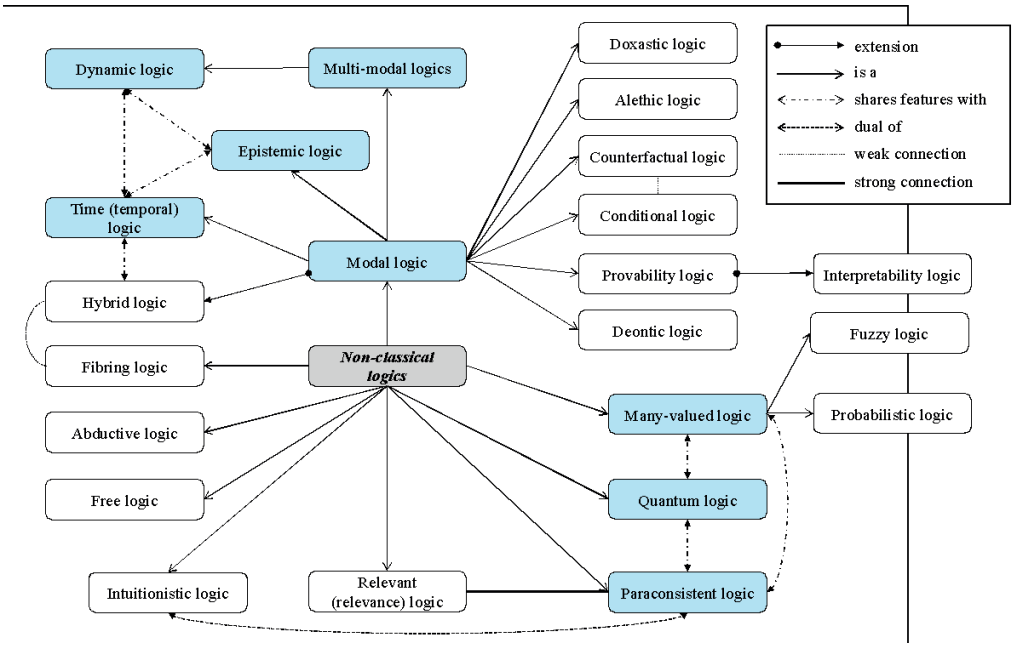
2. La "lógica" en las (LNCs)

Ha existido un debate tradicional acerca de si las (LNCs) son alternativas o complementarias a la lógica formal clásica (LFC). El principal rasgo definitorio que permite trazar una distancia entre unas y otra es el modo como, genéricamente, trabajan las LNCs en los procesos de formalización del lenguaje. En marcado contraste con la LFC que usan cuantificadores universales, las LNCs se caracterizan por el empleo particularmente de cuantificadores particulares, tales como: "en ocasiones", "hay algún x que...", "no siempre", "Un x, y; pero z", y muchos más. En los mecanismos simbólicos ello da lugar a la invención o incorporación de caracteres y símbolos perfectamente distintos a los empleados en la lógica matemática o en la lógica simbólica, particularmente.

Una observación puntual importante se impone inmediatamente. También la LNCs llevan a cabo procesos de formalización de los lenguajes naturales. La formalización hace simple y llanamente referencia al rigor lógico, el cual es el rasgo más destacado de la buena ciencia, dicho en general.

Sin embargo, el primer hecho que debe destacarse es que las LNCs comportan un pluralismo lógico. Esto quiere decir exactamente dos cosas: de un lado, que es imposible ya la creencia o afirmación de una verdad única en cualquier ámbito del pensamiento o el lenguaje. Ciertamente, se trata de una afirmación molesta para los espíritus clásicos fundamentalistas. De otra parte, al mismo tiempo, la existencia de múltiples sistemas de verdad pone de manifiesto que no es posible una canónica de la verdad. Existen y son posibles numerosos sistemas de verdad, y precisamente en ello estriba la complejidad, en el sentido primero de la palabra, de las LNCs. Al fin y al cabo, de entrada, el primero de los rasgos característicos de un sistema comportamiento es su irreductibilidad; esto es, se trata de una pluralidad o multiplicidad que no puede ser reducida en manera alguna a unos pocos elementos fundamentales constitutivos. El diagrama No. 1 presenta el panorama de las LNCs.

Diagrama No. 1: Mapa de las Lógicas No-Clásicas



Fuente: Elaboración propia con la ayuda de N. Gómez-Cruz

Este diagrama puede ser leído en un sentido, de la siguiente manera. La puerta de acceso a las LNCs es la lógica modal. Aristóteles entrevió esta lógica, pero jamás la desarrolló. El nacimiento de la lógica modal se debe al período helenístico, dicho en general, y a los estoicos, en particular. Sin embargo, su nacimiento en la modernidad tiene lugar en el año 1912 gracias a Lewis, y encuentra su pleno nacimiento y desarrollo a partir de los años 1960s, gracias a los trabajos de Kripke. El motivo central no es el de pensar ya únicamente lo real o lo actual -lo que es, si se quiere-, sino, adicional y acaso principalmente, lo posible y lo imposible, lo contingente mismo – de lo real.

Ahora bien, el aspecto verdaderamente importante es el de las relaciones -literalmente complejas- entre las diferentes modalidades; no ya destacar una de ellas. Pues bien, este es el motivo que define precisamente a las lógicas multimodales. En consecuencia, cada uno de los operadores modales -nece-

sidad, posibilidad, contingencia, no-necesario, no-posible, y otros- demanda una interpretación de suerte que lo que inmediatamente aparece ante la mirada sensible es la existencia de mundos posibles. Son estos mundos posibles los que, por así decirlo, definen enteramente el talante de las LNCs. La ciencia, la filosofía, la cultura occidental, si acaso alguna vez avizoraron posibilidades y contingencias, imposibilidades, jamás se ocuparon abierta y directamente de ellas. Uno de los motes con los que fueron dejados de lado o despreciaron fue: utopía[2].

La lógica modal y la lógica multimodal son extremadamente importantes para elucidar los términos y condiciones de los argumentos, en cualquier caso. En sentido amplio, éstas lógicas comprenden a la lógica alética, la lógica epistémica, la lógica deóntica, la lógica del tiempo y la lógica ética; esto es, esa lógica que se ocupa de problemas tales como: "es bueno que x", o bien "es malo que y", y demás.

Digámoslo de manera precisa. La semántica de la lógica formal clásica -y de todos aquellos sistemas de lenguaje y de pensamiento que se fundan en ella- es la semántica del mundo real. La semántica de las LNCs es la semántica de mundos posibles. Lo que esto significa es que la realidad es comprenda simple y llanamente como un subconjunto de un conjunto inmensamente mayor que lo comprende y lo hace posible: el mundo de lo posible y con él, asimismo, incluso las imposibilidades. Este es el rasgo clave de las ciencias de la complejidad: pensar lo imposible y si es preciso también lo imposible, no ya única o principalmente lo real o lo actual.[3]

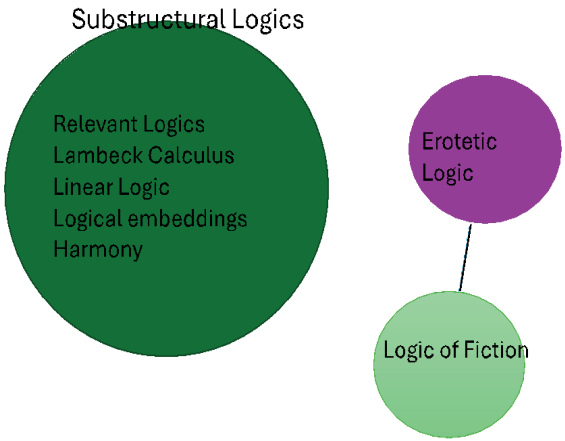
---

2 Social e históricamente, las utopías formaron parte de las herejías; de cualquier tipo: religioso, político y otras. Cfr. (Cohn, 2015), (Federici, 2022), por ejemplo.

3 Ni el pensamiento complejo ni el pensamiento sistémico ni cualquier de las traducciones y matices que se hagan de ellos, sabe algo mejor que las ciencias de la complejidad. Este es un criterio de demarcación.

Ahora bien, el diagrama No. 1 debe ser completado con el diagrama No. 2:

Diagrama No. 2: Lógicas Subestructurales, Lógica Erotética y Lógica de la Ficción



Fuente: Elaboración propia

Las LNCs no tienen nada que ver con la LFC en cualquiera de sus modalidades -esto es, la lógica de predicados, la lógica proposicional u otras-. Radicalmente, en concordancia con la mejor de la biología actual (cfr. Ball, 2024; Solé, Goodwin, 2002; Maturana, Varela, 1990), el conocimiento en general y, a fortiori, la lógica en particular ancla en la biología, no en la razón, la mente o el entendimiento, o lo que quiera que sea ello. Lo que ello significa es la no-afirmación entre mente y cuerpo y, por el contrario, su unidad orgánica justamente en el *organismo*. El error de Descartes debe ser superado a toda costa.

De esta suerte, las LNCs deben situarse en un espectro perfectamente distinto al de la racionalidad, en sentido clásico o habitual, la cual consiste en la separación del cuerpo, y con él, del medioambiente. Sin ambages, para decirlo en ese mismo lenguaje clásico, las LNCs, como por lo demás, las ciencias de la complejidad comportan un tipo de racionalidad perfectamente distinta a

las conocidas y que son el tema atávico de ámbitos como la educación y la psicología, la filosofía y la religión, principalmente.

Los rasgos característicos de las LNCs que se han presentado arriba pueden ser complementadas, en este mismo sentido observando que la lógica intuicionista, en particular, destaca por encima de la razón o el entendimiento la importancia de la intuición (*insight*, si se quiere), la cual ocupó, excepto por un par de pensadores, un lugar secundario en la historia de y posterior a la emergencia del logos en la Grecia clásica. (En la Grecia arcaica, el papel protagónico lo ocupa el *nous*, o el *noein*, que equivale tanto a la intuición como a la imaginación creativa. Dicho de manera genérica, mientras que la razón es por definición única y asertiva, existen lógicas no-clásicas que admiten dilaciones, juegos, contradicciones incluso, gamas y matices; se trata, notablemente, de la lógica doxástica, las lógicas paraconsistentes, la lógica condicional y las lógicas polivalentes.

3. Los rasgos estructurales de las (LNCs)

Hay un rasgo determinante en la familia de las LNCs. Se trata del hecho de que la mayoría rechazan, por diversos caminos y con argumentos e intereses diferentes, los tres principios clásicos de la lógica clásica. Se trata del principio de identidad -que es habitualmente escrito de la siguiente manera: A A-, el principio de tercero excluido -si A, entonces no-B-, y el principio de contradicción, llamado asimismo en ocasiones, como el principio de no contradicción -y que se denota así: Si A ¬ A-.

Toda la historia de Occidente puede decirse o bien que se funda enteramente en esto principios, o bien ellos se encuentran en la base de todos los sistemas de justificación habidos. Todo lo que queda es traducirlos o implementarlos en situaciones, épocas, contextos y sistemas de ideas y prácticas y verificar que así sucedió. Todo ello sentó las bases, mu ampliamente, para la imposición de numerosos sistemas de violencia simbólica o abierta.

Quisiera detenerme un instante en la no-monotonicidad. Esta designa el hecho de que nueva información puede alterar o incluso desplazar o invalidar información previamente adquirida. Lo que está inserto es la importancia

del aprendizaje, y con él, de la evolución. Las LNCs son las lógicas de sistemas que *aprenden*. Como lo pone en evidencia tanto la historia como la teoría de la evolución, hay sistemas que no aprenden. Sin ironía, la historia como la evolución están asentadas sobre una inmensa cantidad de fenómenos y sistemas que jamás aprendieron.

La lógica formal clásica, en contraste se caracteriza por la monotonicidad; esto es, siempre será cierto, por ejemplo, que Sócrates es un hombre y que todos los hombres son mortales; aunque innumerables otros ejemplos pueden mencionarse acerca de la incapacidad para afirmar cosas que no cambian, por parte de los sistemas de pensamiento habidos y en boga.

Los seres humanos viven en lenguajes naturales, muchas veces en términos de su lengua materna. Manifiestamente que la lógica en general atiende a tres cosas al mismo tiempo: el rigor del lenguaje, el rigor de las ideas y pensamientos, y la explicación o comprensión de las cosas y el mundo. La lógica en general es una herramienta tendiente a que los planos -el ontológico, el del lenguaje y el psicológico o mental- se correspondan y estén en armonía. Los problemas del mundo y los problemas para la gente comienzan cuando estos tres planos no se corresponden. Se cae, de un lado, en el nominalismo y, de otra parte, *in extremis*, en el delirio y las enfermedades mentales. Entre ambos extremos hay numerosos problemas y patologías.

Una de las funciones de la filosofía es la de permitir que la sincronía entre los tres planos sea fluida e, idealmente, cada vez mejor y superior. Así era en un comienzo, o en el espíritu de la filosofía. Después, en el camino, el rumbo parece haberse perdido. La ciencia misma intenta o intentó ayudar, pero hay cosas que se salen de su resorte, siendo la más importante el hecho de que no hay una ciencia de la conciencia; y lo que se sabe y se dice de la misma en el estado actual de cosas es bastante poco y siempre provisorio; no obstante el hecho de que se ha ganado un enorme terreno recientemente.

La especificidad de la lógica en general es el de servir de guía al mundo y al sujeto en el mundo, en sus palabras y pensamientos; digamos, en sus creencias y discursos. Y entonces, claro, en sus acciones. Al fin y al cabo, las creencias -léase: los contenidos mentales- constituyen la *conditio sine qua non* para

la acción de los seres humanos. Existe, sin embargo, una enorme diferencia entre la lógica formal y las LNCs. Aquella fue siempre, para decirlo en términos de Aristóteles, un *organon* del conocimiento. La lógica fue siempre la herramienta -quizás- más importante del conocimiento e sentido amplio.

Las LNCs, por el contrario, dejan de ser instrumento para convertirse en ciencia -esto es, episteme-. Las LNCs son ciencia de cualesquiera cosas: de Sócrates tanto como de las ideas, generales o particulares sobre el mundo o las circunstancias; sobre cada quien en su singularidad tanto como en las relaciones de cada uno con los demás y con su entorno; en fin, son ciencia si se quiere también de cosas particulares, incluso hasta el nivel casuístico.

En efecto, en términos humanos, por ejemplo, es el individuo el que marca la diferencia en el universo. Por eso los seres humanos son capaces de morirse de amor, como es efectivamente el caso. Toda la literatura y la poseía están totalmente permeadas por historias semejantes. En términos biológicos, es cada organismo el que marca la diferencia, pues la instancia en la que la especie existe tanto como la forma como el aprendizaje tiene lugar, que es el más fantástico de los modos de evolución; llamado técnicamente como evolución horizontal; y que fue el mérito, originariamente de Lamarck.

Desde luego que existen conjuntos y que existen y son posibles las generalidades. No hay absolutamente ningún problema con ello. Sin embargo, el mérito de las LNCs consiste en atender igualmente a las excepciones, a las singularidades; rigurosamente hablando, a los eventos raros. Al fin y al cabo, son estos los que dan siempre qué pensar; no aquellas otras. Es aquí, sin la menor duda, donde se encuentra la complejidad.

Para decirlo con un autor clásico, las LNCs son lógica sin metafísica (Nagel, 1974).

> "No creo que sea posible probar la falsedad de las interpretaciones de los principios lógicos como subrogaciones de unas leyes últimas y necesarias del ser. Lo que sí se puede hacer es demostrar que estas interpretaciones no son necesarias para entender la naturaleza y la función de la lógica" (Ibid., pág. 98).

Contra todas las apariencias y la mayoría de las asunciones, el mundo y la naturaleza no ofrecen periodicidad ni regularidad. Es precisamente porque sucede todo lo contrario que las ciencias de la complejidad en general, y las LNCs en particular cobran todo el sentido. Se trata del estudio de las anomalías, las irregularidades, las excepciones y los eventos raros. Dicho filosóficamente, la lógica en general es el arte de pensar. No solamente hace explícitos los modos, estructuras y dinámicas del pensamiento, sino, al mismo tiempo, por ello mismo, contribuye a perfilar o formar al pensamiento. Y sí, de modo general, la lógica es uno de los capítulos conspicuos de un pensar abstracto. Esto es, si se quiere de cualquier cosa menos un pensamiento de primer orden -esto es, referido inmediatamente alas cosa y los fenómenos-, si no, de segundo, tercer orden y de orden superior. Se trata, dicho sin ambages, de un desarrollo de la conciencia hacia estadios superiores. Un asunto que raya con la espiritualidad (un tema que debe quedar aquí de lado por delimitación del tema).

Dice Nagel:

> "De ahí que no sea posible hallar correlativo' metafísico' alguno para los principios de la lógica en el 'carácter de serie de la existencia'. Y si los principios de la lógica no operan en calidad de hipótesis contingentes relativas a los objetos reales y si no es lícito establecerlos por vía inductiva apoyándose en la conformidad con 'ciertos rasgos estructurales y funcionales inmutables de la naturaleza', no puede haber un sentido en el que 'cada nueva aplicación de la lógica a la existencia suponga una verificación experimental de su inmutabilidad'" (Ibidem, pág. 71).

Quisiera subrayarlo de manera expresa. Las ciencias de la complejidad constituyen una invitación a superar los cuatro rasgos característicos de la humanidad occidental: el dualismo, el reduccionismo, el determinismo y el mecanicismo. Hasta aquí no hay nada nuevo, para un entendimiento informado. La forma como las LNCs no solamente entran a formar parte, sino, además y fundamentalmente contribuyen al estudio de los sistemas de complejidad creciente es mediante la invitación -por así decirlo- a desplegar un pensamiento abstracto y, desiderativamente, cada vez más abstracto. En ello, la lógica formal clásica es altamente limitada; son muy escasas son contribucio-

nes. Un pensamiento cada vez más abstracto es la abiertamente la invitación a la imaginación y la intuición. Hay realidades que no existen, y no necesitan existir para ser reales. Varias -acaso muchas-, de las LNCs, saben esto y ofrecen una mirada refrescante al respecto.

Quisiera decirlo de manera puntual. Nadie piensa bien si no imagina bien; aquí, como se sigue de lo que precede, imaginación e intuición son una sola y misma cosa.

La lógica en general formula uno de los máximos retos a la inteligencia y la sensibilidad, a saber: poder desarrollar un pensamiento altamente abstracto. En este plano, la lógica en general y las LNCs en particular se hallan en el mismo nivel que la matemática pura y en ella que ese capítulo singular que es la teoría de números, si bien pueden mencionarse otros (Grothendieck, 2022). Específicamente, las LNCs permiten en pensar al mismo tiempo lo general y lo particular, lo universal y lo singular. La LFC tan sólo se queda en algunas generalizaciones.

4. El problema: matices y cromatismos

Existe un vasto y creciente territorio ampliamente inexplorado en general por parte de académicos y científícos o filósofos, no digamos ya por parte de la sociedad, las LNCs. Este territorio no es indiviso ni uniforme. Se trata de un auténtico ecosistema, compuesto por valles y montañas, por playas y desiertos, por zonas húmedas y secas, si cabe la analogía.

Subrayemos una idea anterior: no todas las LNCs tienen la misma finalidad, utilidad o motivos (filosóficos) de inspiración. Cabe indicar varias familias o grupos al interior de los paisajes anteriormente señalados. Sin embargo, sí es cierto que existen diversos nexos entre varias de estas familias o grupos. Sin ser exhaustivos ni prolijos, presento a continuación estos grupos. Una observación puntual, aunque técnica, a título de analogía, se impone inmediatamente.

Existe tres líneas paralelas en la historia y desarrollos de la teoría de grupos, un campo importante en matemáticas. Estas son: la teoría de números, las

ecuaciones algebraicas y la geometría. Por razones pedagógicas y de organización, adopto aquí la tercera. Ello permite visualizar espacios diferentes; estos espacios son móviles. Dejo de lado las especificaciones lagrangianas, de Abel o de Galois. Este deberá ser el motivo de un trabajo aparte. Debería hacer referencia a la monodromía. Lo haré evitando tecnicismos que, importantes, deben quedar para otros espacios y ocasiones.

Ya queda señalada una (primera) familia o grupo: las lógicas multimodales. Quisiera destacar un grupo fundamental. Se trata de aquellas lógicas que nos invitan a pensar en indeterminaciones, la ausencia e incluso la futilidad de conclusiones, provisionales o definitivas, y en el significado de inexistencias que, sin embargo, son reales. Este grupo está conformado por la lógica erotética, la lógica de la ficción, la lógica cuántica, la lógica libre y la lógica de fibras (*fibring*) también conocida como lógica combinante (que no debería ser confundida con la lógica combinatoria). Una manera de reunirlas consiste en el reconocimiento de la importancia de razonamientos heterogéneos. Quisiera sugerir que se trata del grupo de lógicas más radicalmente alternativas a la lógica formal clásica y a toda la estructura mental clásica o actual distintivamente centrados en lo real o actual.

El mundo no puede ser explicado, comprendido ni sus problemas resueltos con la ayuda de una sola ciencia o disciplina, de un solo tipo de conocimiento. Dicho en general, las lógicas combinantes permiten la articulación entre formas, sistemas aproximaciones anteriormente consideradas como disímiles. La más radical de las características de los sistemas complejos no-lineales emerge inmediatamente ante la mirada sensible: se trata de la indeterminación. Pensar el mundo y la vida consiste en indeterminar (Maldonado, 2024b).

Otro grupo conspicuo aparece justamente con el diagrama No. 2. Es el momento de comprenderlo más lentamente. Dicho negativamente, se trata de un grupo de sistemas lógicos que se caracterizan por que no obedecen algunas de las reglas estructurales de la lógica formal clásica. Notablemente, no siguen para nada el modo *ponens* -esto es, el tipo de razonamientos consistentes en la fórmula: de la relación $p \rightarrow q$ y p, se infiere que q. En términos elementales, se trata de la desobediencia a las condiciones o a los tipos de razonamientos condicionales; que si una cosa, entonces se sigue otra. Significativamente, se

trata de una independencia con respecto a los razonamientos deductivos. In extremos, en consecuencia, no hay absolutamente ningún. Problema con que existen contradicciones, bajo la contradicción de que se trata de contradicciones no-triviales.

Esta afirmación sienta las bases para señalar otro grupo importante compuesto por las lógicas paraconsistente, de la relevancia y polivalentes. Como se observará, la presencia de la lógica de la relevancia en varios grupos es una señal del carácter móvil o entrecruzado de varias familias. Otros ejemplos podrían mencionarse sin dificultades, pero, como ya queda dicho, se trata por lo pronto de elaborar de un mapa general cuyos detalles se irán refinando, gradualmente, en otros trabajos.

Técnicamente, el mapa de las LNs consiste, grosso modo, en un ensamblamiento (o ensamblaje) o incrustación (*embedding*) entre diferentes sistemas de comprensión, de formalización y de verdad. El mundo, como la vida, son bastante más complejos de lo que parece. Sin relativismo alguno, la realidad no es lo que parece (Rovelli, 2015). Si esto es cierto. Se entiende claramente la importancia y la especificidad de las LNCs en los sistemas de explicación y de comprensión de las coas, en general. Al fin y al caso, la regla en la naturaleza y la vida es el cambio; con más frecuencia de lo que se cree, cambios no-lineales; o lo que es equivalente, cambios del estilo la Mariposa de Lorenz; es decir, pequeños cambios imperceptibles que tienen, al cabo, consecuencias perfectamente impredecibles.

Sin ambages, las LNCs son el tipo de ciencias de un mundo, una realidad, un universo esencialmente cambiable marcado irreversiblemente por la importancia del azar, la aleatoriedad, la contingencia o las indeterminaciones; las cuales son, por definición, perfectamente irreductibles. (Ciertamente que estos términos son diferentes y remiten a comportamientos y fenómenos diferentes. Sin embargo, por lo pronto, pueden ser asimilados como equivalentes).

La razón siempre va a la zaga de los acontecimientos, según todo parece indicarlo. Como decía, en otro contexto, Kierkegaard, vivimos hacia adelante, pero pensamos hacia atrás, una expresión que resuena en el trasfondo del

Búho de Minerva identificado oportunamente por Hegel. Aparece aquí un elemento filosófico determinante en las LNCs. Vivir primero y comprender luego puede ser, al cabo, altamente peligroso para la existencia. Un sistema de pensamiento semejante no afirma, no garantiza. Y no sabe de posibilidades de vida. Al cabo, eventualmente, puede ser ya muy tarde. Cabe advertir una propedéutica en las LNCs: se trata de combinar, de la mejor manera, tantas opciones de pensamiento, explicación y comprensión de las cosas como sea posible para alcanzar luces sobre las cosas. De lo contrario, en el mejor de los casos, tan sólo tendremos claroscuros, si no oscuridad completa. La vida y el conocimiento son una sola y misma cosa. Ya queda suficientemente señalado. Así las cosas, cruces y trasposiciones permiten sistemas lógicos más dúctiles y, aunque parezca paradójico, más robustos, igualmente.

Desde luego que es ya una novedad saber, y adentrarse en los terrenos de las LNCs, algo que, a decir verdad, no ha sucedido en general, ni siquiera por parte de los estudiosos o amantes de la complejidad en general. Hay, en este plano, aún un largo trecho por recorrer. Una vez que se ha identificado, por así decirlo, la atmósfera o el aroma de las LCNs, debería ser posible recorrer, así sea provisoriamente el territorio. La primera sugerencia sería profundizar en alguna de ellas con el reconocimiento explícito de que forma parte de una familia o grupo.

En cualquier caso, se trata de reconocer de entrada que no se trata de un territorio sin matices, gradientes ni uniformidades. Todo lo contrario. Se trata de un auténtico paseo por altitudes disímiles, geografías dispares, atmósferas diferentes que requieren de, tanto como forman o capacitan para, finas capacidades físicas y mentales, si cabe la analogía.

Dicho grosso modo, en América Latina, en general, la capacidad de trabajo y más aún de convivencia con el pensamiento abstracto es una notable excepción, antes que una costumbre extendida. Social y culturalmente, quienes se adentran en el pensamiento (altamente) abstracto son genuinos lobos solitarios, en contraste con una cultura marcadamente gregaria, como la que ha habido e imperado.

Sin ambages, se trata de la capacidad para tener una voz propia en materia

de lenguaje y de pensamiento y, por consiguiente, de formas o estilos de vida.

5. Red de redes en el panorama de las (LNCs)

Es preciso tener cuidado con las generalizaciones. Son simplificadores y, siempre precipitadas. La complejidad estriba, si cabe decirlo así, en los detalles, en las particularidades, en las excepciones, especialmente, si bien, en ocasiones, también en tendencias, mapas o contextos. Es preciso combinar la granulación con las visiones de contexto. Pues bien, los mismo acontece en el caso de esa dimensión compuesta por las LNCs.

La ciencia de redes complejas, sin juegos de lenguaje, puso de manifiesto que las redes son redes de redes, lo cual, en una precisión mayor, significa, por lo menos, redes libres de escala, redes de mundo pequeño, redes aleatorias. El holismo es uno de los trajes de la tendencia universalista y generalista del pasado. No es cierto que todas las coas estén conectadas con todas. Hay cosas que están más conectadas que otras, y hay cosas que están menos conectadas con otras. Si todo estuviera conectado con todo, nada sería relevante.

Asimismo, está la dimensión de las LNCs que, por sí misma ya es deslumbrante. Huelga decir que es una dimensión crecimiento. A la fecha, las LNCs continúan naciendo. Y cada una es un robusto pilar de buena ciencia y buena investigación. Sin embargo, es cierto al mismo tiempo que cada una de las LNCs y los diversos grupos -reales y posibles- configuran modos de comprensión y explicación perfectamente sugestivos. Presento a continuación las redes de redes en el espectro de las LNCs.

Una observación teórica se impone antes. Clásicamente, con Newton, por ejemplo, dos ya era un sistema de relativa complejidad; por ejemplo, las relaciones entre la tierra y el sol, o entre la luna y la tierra. La mecánica clásica es ciencia de dos cuerpos en interacción. La interacción es justamente la gravedad. Posteriormente, gracias a Poincaré, la complejidad consiste en las relaciones entre tres cuerpos. Por derivación, en *n* número de cuerpos. Un autor sugirió en algún momento la idea de que dos son compañía, tres es complejidad (Johnson, 2007). Es preciso agregar que, en el marco de la mecánica cuántica, ya uno es complejidad. La ilustración más elemental es

el experimento de T. Young de con la doble ranura. El fotón de luz interactúa consigo mismo.

Esta observación hace referencia a la necesidad de no cuantificar innecesariamente los problemas.

Notablemente, la lógica cuántica constituye por sí misma un grupo propio, diferente de las demás lógicas no-clásicas. Semánticamente hablando, la lógica cuántica hace empleo de una lógica proposicional no-clásica. Las proposiciones usadas por esta lógica son manifiestamente no dualistas o binarias -esto es: rechazan toda asunción de verdad o falsedad (con lo cual por lo demás coinciden con las lógicas polivalentes)-. Más sencillamente, se trata de un razonamiento no-clásico, con lo cual varias de las características señaladas a lo largo de este trabajo son evidentes en la lógica cuántica hasta el punto de decir que es, distintivamente, la lógica no-clásica en la que todos los atributos de no-clasicidad coinciden.

Todos los temas asuntos y problemas pertinentes en la mecánica cuántica son considerados y estudiados por parte de la lógica cuántica. Por ejemplo, los principios de la mecánica cuántica: superposición, no-localidad, indeterminación, teletransportación, tunelamiento, principio de exclusión de Pauli, los temas relativos a las ondas de probabilidad, y otros. Dicho de manera exacta y puntual, la lógica cuántica estudia la estructura lógica de la mecánica cuántica.

En el panorama de las LNCs, la lógica cuántica destaca como un faro propio, si cabe la expresión. Sin más ni más, es una red de un elemento; algo ciertamente contraintuitivo; precisamente.

Quisiera proponer que existe una red -o grupo, o familia- compuesto por dos lógicas particulares. La lógica de la interpretación y la lógica abductiva coinciden en varios aspectos. En términos generales, toda explicación no es otra cosa, desde el punto de vista lógico, que la selección y puesta en claro de un dominio de la realidad o del mundo y entonces la elaboración de una seri de observaciones. Pues bien, la lógica abductiva pude ser definida como aquella que se ocupa del trabajo y selección de una de estas diferentes o múltiples explicaciones. Digámoslo de manera más escueta. El mundo y la vida admiten

diversas -acaso, incluso, múltiples- explicaciones; relatos, podríamos decir, igualmente. Pues bien, es lo propio de la lógica abductiva elegir y trabajar -justificándola, justamente- una de las diversas explicaciones posibles. Como se aprecia inmediatamente sin dificultad alguna, en este proceso de existencia de más de una explicación, y selección justificada de una de ellas radica exactamente la complejidad.

En conexión precisa con lo anterior, la lógica de la interpretación consiste en la asignación de sentido a los símbolos del lenguaje natural, con lo cual se trata por tanto de la asignación de sentido a la explicación seleccionada de entre un conjunto determinado para trabajar con ella. Estrictamente hablando, no existe una (única) lógica de la interpretación, sino muchas. Tan solo la lógica de la interpretación -análogamente a las lógicas polivalentes- permite suficientemente hablar de pluralismo lógico.

En otras palabras, no son tanto los hechos o los datos lo relevante inmediatamente, cuanto que, o bien, el conocimiento por parte de alguien acerca de los datos o hechos, o bien, lo que es equivalente, la interpretación que alguien hace de los datos, hecho, o conjuntos de relatos o explicaciones. La complejidad es simple y llanamente inescapable. Con esta familia de lógica de la interpretación y lógica de la abducción, el positivismo, en cualquier sentido o acepción, resulta sencillamente arbitrario, si no ilegítimo. Para emplear la expresión vulgar suficientemente conocida: todo dato implica un relato.

En la misma dirección anterior, existe un muy fuerte nexo entre la lógica difusa y las lógicas polivalentes. Con orígenes y motivaciones diferentes, ambos tipis de lógica coinciden en su rechazo, si cabe la expresión, tanto a los sistemas binarios o dualistas como monolíticos. Como ninguna otra, ambas lógicas coinciden en la invitación a observar los detalles; si cae, los acabados. *Dans l'esprit*, estas dos lógicas coinciden plano por plano, en cuanto actitud, con las artes y con la estética. Si hemos dicho al comienzo que las LNCs no tienen nada que ver con la racionalidad habida, este doble grupo de lógicas -y sus relaciones e implicaciones- lo pone de manifiesto de forma más que suficiente.

No mencionaré la doble implicación recíproca existente entre la lógica para-

consistente y la lógica de la relevancia. (Obsérvese, una vez más, la movilidad amplia de esta última lógica). Este ay es un tema que ha sido puesto en evidencia en la bibliografía, particularmente gracias. Alos trabajos de Priest (2008). Continuando con las díadas, bastante más sugestiva y menos explorada es la relación entre la lógica condicional y la lógica de contrafácticos específicamente a partir de la comunidad entre ambas en el rechazo a la consecuencia monotónica de la lógica formal clásica.

Estas dos lógicas contribuyen a abrir, de par en par, las puertas, si se nos permite la expresión, a la semántica de mundos posibles; esto es, a un distanciamiento, por decir lo menos, a la reducción de lenguaje y el pensamiento lo actual, lo real, o lo que es, en cualquier sentido o acepción de la palabra. Quisiera decirlo de otra manera, gracias a la gramática. Se trata de lógicas que ponen de manifestó la insuficiencia y las limitaciones del modo indicativo del pensar y del lenguaje. La complejidad del mundo y de la vida ancla en las articulaciones entre lo que es y lo que debería o podría ser.

Las cosas jamás son, y manifiestamente no de una forma definitiva y para siempre. El tiempo, la realidad del agente cognitivo, los cambios del entorno, e incluso el papel del azar son factores que inciden para alterar las apariencias incesantemente. No es cierto que detrás de las apariencias haya un mundo "real". Este es el error del platonismo. Lo que sucede en verdad es que todas las actualidades de las coas so transitorias y así: de un lado, el mundo general es indeterminado, pues no termina de tener una expresión o manifestación definitiva o una mejor que otra, y, al mismo tiempo, de otra parte, las coas y el universo aparecen como variables y con expresiones plurales.

No hay una realidad última, prístina o inmaculada. Por el contrario, la forma última o primera es esencialmente informe, pues no termina de hacerse ulteriormente posible, o mejor, actual. Dicho en el lenguaje de estas dos últimas lógicas, siempre tenemos interpretaciones cuyos condicionales no son jamás definitivos, y, precisamente por ello, cabe siempre un ejercicio de contrafácticos. En otras palabras, la lógica de contrafácticos nos previene de los dogmatismos de cualquier color. He aquí una idea que valdría la pena considerar con mayor tiempo y detalle.

Como quiera que sea, este trabajo ha presentad diversas articulaciones de una dimensión altamente dinámica. No huelga recordarlo: el tiempo altera el valor de verdad o de falsedad de cualquier proposición. Todo lo anterior apunta en cualquier dirección menos al relativismo o al eclecticismo. Es, siempre, en todos y cada uno de los casos, buena ciencia (*episteme*). *Ditto*: ciencia de punta (*spearhead research*).

6. Conclusiones

Este trabajo ha propuesto diversas redes, familias o redes de lógicas no-clásicas. *To the best of my knowledge*, no conozco otros trabajos donde un recorrido semejante haya sido propuesto. Naturalmente, las familias o grupos señalados no son necesariamente los únicos, ni tampoco son inmóviles, algo que sí queda ya señalado. En cualquier caso, este trabajo es una invitación a recorrer, si cabe, diferentes biomas en ese ecosistema altamente complejo que son las LNCs.

Queda señalado el mapa de las relaciones de las LNCs. Otra cosa sería profundizar en él. No ha sido ese el primer objetivo de este texto. Siempre, siempre *qui va piano va lontano*. (Sin desconocer que hay varios otros modos de ir lejos; si de eso se trata).

Como se habrá observado en varios lugares, existe un cruce, un reforzamiento, una interdependencia, si se quiere, entre lógica y matemática; por ejemplo, entre comprensiones y semánticas matemáticas y lógicas. La historia entre lógica y matemática es larga, y los debates y discusiones acerca de sus relaciones comprende miles y millones de páginas. Debo obliterar aquí un tratamiento explícito acerca del tema. Baste con decir con la matemática se articula como matemática de sistemas continuos y la matemática de sistemas discretos. Toda la matemática de la complejidad es matemática de sistemas discretos. El mundo no va de suyo. Nada es evidente ni obvio, para decirlo de manera sucinta.

Referencias

- Ball, P., (2024). *How Life Works. A User's Guide to the New Biology*. London: Picador
- Beall, J. C., and Restall, G., (2006). *Logical Pluralism*. Oxford: Clarendon Press
- Bueno, O., Shalkowski, S. A., (Eds.), (2020). *The Routledge Handbook of Modal Logic*. London: Routledge
- Cohn, N.., (2015). *En pos del milenio. Revolucionarios milenaristas y anarquistas místicos de la Edad Media*. Logroño: Pepitas de calabaza
- Federici, S., (2022). *Calibán y la bruja. Mujeres, cuerpo y acumulación originaria*. Madrid: Traficantes de sueño
- Gabbay, D. M., Guenthner, F., (Eds.), (2007). *Handbook of Philosophical Logic*. Vol. I-XVII. Springer Verlag
- Garson, J. W., (2013). *Modal Logic for Philosophers*. 2nd edition. Cambridge: Cambridge University Press
- Gödel, K., (2018). *Obras completas. Edición de Jesús Mosterín*. Madrid: Alianza
- Grothendieck, A., (2022). *Récoltes et semailles, I, II*. Paris: Gallimard
- Johnson, N. F., (2007). *Two's Company, Three is Complexity. A Simple Guide to teh Science of All Sciences*. Oneworld Pubns Ltd.
- Maldonado, C. E., (2024a). "Understanding quantum nothingness thanks to non-classical logics: the relevance of free logic", en: *Scielo Preprints*; doi: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.10202
- Maldonado, C. E. (2024b). "Complejidad como indeterminación", en: Rev. Filosofía Univ. Costa Rica, LXIII (167), 19-31, Septiembre - Diciembre 2024; disponible en: https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/filosofia/article/view/59257/61381
- Maldonado, C. E., (2020). *Pensar. Lógicas no-clásicas*. Bogotá: Ed. Universi-

dad El Bosque, 2ª Edición

- Maldonado, C. E., (2017). *Pensar. Lógicas no-clásicas.* Bogotá: Ed. Universidad del Bosque
- Maldonado, C. E., (2016). "Pensar la complejidad con ayuda de las lógicas no-clásicas", en: L. Rodríguez Z. (Coord), *La emergencia de los enfoques de complejidad en América Latina*, Vol. 1, Buenos Aires, Comunidad Editora Latinoamericana, ISBN 978-987-45216-7-5, Libro: 1-366; capítulo, pp. 83-98
- Maldonado, C. E., (2007a). "lógicas no-clásicas (5): la lógica cuántica", en: *Zero Diecinueve*, Universidad Externado de Colombia, segundo semestre, págs. 164-168, ISBN 0123-8779
- Maldonado, C. E., (2007b). "Comprensión positiva de las lógicas no-clásicas (4)", en: *Zero. Dieciocho*, Universidad Externado de Colombia, primer semestre, págs. 160-163, ISSN 0123-8779
- Maldonado, C. E., (2006). "Lógicas no clásicas (3): Lógicas paraconsistentes", en: *Zero. Diecisiete*, Universidad Externado de Colombia, segundo semestre, págs. 148-152, ISSN 0123-8779
- Maldonado, C. E., (2001). *Visiones sobre la complejidad*, 2ª Edición, Colección "Filosofía y Ciencia" No. 1, Santafé de Bogotá, Editor, y coautor. Capítulos: Introducción, pp. 5-8, y "Esbozo de una filosofía de la lógica de la complejidad", pp. 9-27. El libro: pp. 1-263, ISBN 958-8077-17-6; primera edición 1999; "Esbozo de una filosofía de la lógica de la complejidad", reeditado en: *Información, educación y salud en la sociedad del conocimiento*, Bogotá, Colciencias/Fepafem/Academia Nacional de Medicina, pp. 37-53, ISBN 958-96171-5-8
- Maturana, H., Varela, F., (1990). *El árbol del conocimiento. Las raíces biológicas del conocimiento.* Madrid: Debate
- Nagel, E., (1974). *Lógica sin metafísica*, Madrid: Tecnos
- Priest, G. (2008). *An Introduction to Non-Classical Logics From If to Is.* Cambridge. Cambridge University Press

- Rovelli, C., (2015). *La realidad no es lo que parece. La estructura elemental de las cosas.* Barcelona: Tusquets
- Solé, R., Goodwin, B., (2002). *Signs of Life. How Complexity Pervades Biology.* New York: Basic Books
- Weingartner, P., (Ed.), (2003). *Alternative Logics. Do Sciences Need Them?* Springer Verlag

SECCIÓN

II

COMPLEJIDAD, VIDA Y COMPUTACIÓN

LaSalle Universidad

Los trabajos reunidos en esta sección se sitúan en un cruce particularmente sugestivo: aquel donde las preguntas por la vida se encuentran con los desarrollos de la computación y las perspectivas de la complejidad. Lejos de tratarse de campos aislados, lo que aquí se sugiere es una zona de intersección en la que las fronteras disciplinarias se vuelven porosas y, en muchos casos, insuficientes.

Pensar la vida desde la complejidad implica asumir que los sistemas vivos no pueden reducirse a una suma de partes ni a esquemas causales lineales. Sin embargo, cuando esta mirada se pone en diálogo con la computación, emergen nuevas preguntas: ¿hasta qué punto los modelos computacionales logran capturar la dinámica de lo vivo?, ¿qué tipo de simplificaciones introducen?, ¿y qué posibilidades abren para su comprensión?

Los textos que integran esta sección no ofrecen una respuesta única a estas cuestiones. Más bien, se desplazan entre distintos enfoques, explorando tanto las potencialidades como las tensiones que surgen al intentar pensar lo biológico en términos computacionales. En ese tránsito, aparece con fuerza la idea de que la complejidad no es solo un objeto de estudio, sino también una condición que desafía nuestras herramientas de análisis.

Así, esta sección propone un recorrido que no busca resolver la relación entre vida y computación, sino problematizarla. En ese gesto, invita a considerar que los límites entre lo natural y lo artificial, entre lo orgánico y lo programado, no son tan nítidos como a menudo se supone, y que es precisamente en esa zona de ambigüedad donde se abren nuevas posibilidades de pensamiento.

COMPLEJIDAD, COMPUTACIÓN Y VIDA: MÁS ALLÁ DEL PARADIGMA ALGORÍTMICO

Nelson Alfonso Gómez-Cruz

Centro de Excelencia en Emprendimiento e Innovación

Colegio de Estudios Superiores de Administración, CESA

Bogotá, Colombia

nelson.gomez@cesa.edu.co

ORCID: 0000-0001-9594-1441

Resumen: Este capítulo plantea que los sistemas vivos procesan información de formas que trascienden los límites del paradigma computacional clásico, basado en algoritmos y en la Máquina de Turing. A través del concepto de *hipercomputación biológica*, se argumenta que la vida computa de manera distribuida, continua y en interacción constante con su entorno. Estas formas de procesamiento de información no siguen reglas fijas ni entradas y salidas predefinidas, sino que emergen de la interacción constante con el medio y de la historia del sistema y sus componentes. El texto propone que la computación interactiva, una forma de hipercomputación no clásica, ofrece un marco de trabajo inicial para explicar la naturaleza computacional de los sistemas vivos a través de sus diversas escalas y fenómenos. Hacía adelante, no obstante, nuevos enfoques y modelos de hipercomputación biológica serán necesarios. En lugar de reducir la vida a nuestros modelos de computación, el capítulo invita a replantear la noción misma de computación a partir de la

lógica de la vida.

Palabras clave: Hipercomputación Biológica; Computación No-Algorítmica; Computación Interactiva; Sistemas Vivos; Complejidad

Abstract: This chapter argues that living systems process information in ways that transcend the limits of the classical computational paradigm, which is based on algorithms and the Turing Machine. Through the concept of biological hypercomputation, it is proposed that life computes in a distributed, continuous manner, in constant interaction with its environment. These modes of information processing do not follow fixed rules or predefined inputs and outputs; rather, they emerge from the system's history and its ongoing interactions with the environment and its components. The text suggests that interactive computation, a form of non-classical hypercomputation, provides an initial framework to explain the computational nature of living systems across their diverse scales and phenomena. Moving forward, however, new approaches and models of biological hypercomputation will be required. Instead of reducing life to our existing computational models, the chapter invites us to rethink the very notion of computation from the logic of life itself.

Palabras clave: Biological Hypercomputation; Non-Algorithmic Computation; Interactive Computation; Living Systems; Complexity

1. Introducción

Uno de los rasgos predominantes de los sistemas complejos es su capacidad para procesar información (Mitchell, 2009). Esto es particularmente notable en los sistemas vivos (Langton, 1992; Mitchell, 2012; Navlakha & Bar-Joseph, 2015). Las células, los organismos y los ecosistemas no solo almacenan, transforman y transmiten información, sino que lo hacen de una forma interactiva, descentralizada, adaptativa y no determinista (Bray, 2009; Dodig-Crnkovic, 2010). Esta propiedad, tan distintiva de la vida, ha sido reconocida por

múltiples disciplinas, desde la biología teórica hasta la informática, pasando por la física de sistemas fuera del equilibrio, la vida artificial y las ciencias cognitivas. La idea de que la vida "computa" no es nueva, pero su significado está lejos de ser evidente (Solé & Macia, 2011; Amos, Hodgson & Gibbons, 2007; Hogg & Huberman, 1984).

Durante décadas, el paradigma dominante para entender el procesamiento de información ha sido el modelo de computación algorítmica formalizado por Alan Turing en 1936. Este modelo permitió establecer los fundamentos matemáticos de lo que significa computar, y dio origen a la tesis de Church-Turing, que afirma que toda función computable puede ser calculada por una máquina de Turing (Harel, 2000; Matin, 2003). Sin embargo, este modelo fue concebido para describir una clase particular de procesos: los algoritmos estáticos, secuenciales y deterministas.

En contraste, los sistemas vivos procesan información de forma continua, abierta al entorno, contextual, y altamente dependiente de las condiciones materiales de su sustrato (Gómez-Cruz, 2013; Stepney, 2008). Aunque los algoritmos son herramientas poderosas, en principio, no agotan el espectro de dinámicas computacionales que ocurren en la naturaleza (Neuman, 2008). Estas diferencias han llevado a diversos autores a cuestionar si el modelo algorítmico es suficiente para explicar la computación natural (Maldonado & Gómez-Cruz, 2015; Neuman, 2008; Siegelmann, 2013). ¿Cuáles son los límites de la computación algorítmica? ¿Es posible que los sistemas complejos, especialmente los vivos, computen más allá de lo que predice la tesis de Church-Turing? ¿Qué modelos alternativos podrían capturar estas capacidades? ¿Qué implicaciones tiene esto para nuestra comprensión de la vida, la mente y la naturaleza de la computación?

Este capítulo se propone abordar estas preguntas. En la sección 2 se examina el modelo estándar de computación, su origen, sus límites y las principales interpretaciones de la tesis de Church-Turing. La sección 3 introduce la teoría de la hipercomputación y extiende su alcance a la noción de hipercomputación no clásica. En la sección 4 se exploran las características del procesamiento de información en sistemas vivos, con énfasis en su naturaleza no algorítmica. Posteriormente, en la sección 5, se presentan los fundamentos

de la computación interactiva, que es quizás el modelo de hipercomputación no clásica que mejor captura la expresividad computacional de la vida. Finalmente, la sección 6 enmarca el argumento presentado en la noción de hipercomputación biológica, y discute brevemente las implicaciones epistemológicas y filosóficas de este debate.

2. El modelo estándar de computación y sus límites

No existe una visión unificada sobre lo que significa la computación, ni como concepto, ni como disciplina. La concepción de lo que quiera que sea la computación permanece vaga y ambigua (Burgin & Dodig-Crnkovic, 2013a; Copeland, 1996), sin que a la fecha exista un consenso al respecto. El número 4(4) de la revista *Minds and Machines* (1994) y el número 55(7) de *The Computer Journal* (2012) están dedicados a discutir dicha cuestión.

La pregunta *¿qué es la computación?*, por tanto, ha tenido distintas respuestas a lo largo del tiempo (Denning, 2012). Sin embargo, desde finales la década de 1930, la respuesta dominante ha estado determinada por la formulación matemática propuesta por Alan Turing (1936). Esta formulación, conocida como Máquina de Turing (MT), se convirtió en el modelo estándar para definir lo que significa computar desde un punto de vista teórico.

Alan Turing propuso su modelo de computación como una respuesta al *Entscheidungsproblem* (problema de decisión), planteado por David Hilbert (Copeland, 2012). Turing desarrolló un modelo abstracto que puede ser entendido como un autómata que, dado un conjunto finito de reglas y una cinta infinita de símbolos, puede manipular esos símbolos según su programación (Harel & Feldman, 2004). La Máquina de Turing opera de manera secuencial, paso a paso, leyendo y escribiendo símbolos en una cinta que se extiende indefinidamente en ambas direcciones, en función de un conjunto finito de reglas de transición (MacLennan, 2009; Turing, 1936).

La MT capturó de forma precisa la noción de algoritmo y sus equivalentes: procedimiento mecánico, efectivo o sistemático (Dodig-Crnkovic, 2011). El aporte más significativo de Turing, entonces, fue mostrar que una máquina con capacidades mínimas (como las de su modelo) podía realizar cualquier

cálculo que pudiera ser descrito mediante un algoritmo. De hecho, Turing demostró que su máquina podía simular a cualquier otra máquina que operara mediante reglas bien definidas. Esta propiedad condujo a la noción de la Máquina Universal de Turing (MUT), un modelo que puede simular cualquier otra MT a partir de su descripción codificada.

La MUT dio lugar a la formulación de la tesis de Church-Turing, según la cual toda función que puede ser computada por algún procedimiento efectivo (es decir, por un ser humano usando papel y lápiz, siguiendo instrucciones finitas y precisas) puede ser computada por una Máquina de Turing. Esta tesis tiene una formulación débil y una fuerte. La tesis débil afirma que cualquier cálculo efectivo (es decir, cualquier algoritmo, según la caracterización de Turing) puede ser representado por una MT (Eberbach, Goldin & Wegner, 2004), mientras que la fuerte sostiene que todo lo que puede ser computado en la naturaleza puede ser computado por una MT (Goldin & Wegner, 2008).

Sin embargo, la MT tiene limitaciones intrínsecas. Uno de los problemas más célebres que demuestran estas limitaciones es el problema de la detención o de la parada —*halting problem*—(Harel, 2000). Este problema consiste en determinar, para una entrada dada y una MT específica, si la máquina se detendrá en algún momento o continuará ejecutándose indefinidamente. Turing demostró que no existe un algoritmo general que resuelva este problema para todas las posibles combinaciones de máquina y entrada. En otras palabras, el problema de la parada es indecidible.

El concepto de indecidibilidad introducido por Turing permitió establecer los límites de lo computable y dio lugar a una clasificación fundamental de los problemas computacionales (Sipser, 2013; Syropoulos, 2013). En primer lugar, se encuentran los problemas *decidibles*, que pueden resolverse mediante un algoritmo que siempre termina en un número finito de pasos. Luego están los problemas *semidecidibles*, para los cuales existe una MT que puede confirmar las respuestas afirmativas, pero que podría no detenerse si la respuesta es negativa. Finalmente, existen problemas *no decidibles*, para los que no hay ningún procedimiento algorítmico que garantice una respuesta, ni siquiera en los casos afirmativos.

Así, la MT define un límite claro entre lo que es computable y lo que no lo es dentro del paradigma algorítmico. Este límite se convierte en un criterio teórico fundamental en la teoría de la computación. Dentro de este contexto, "no hay modelo de computación más general ni poderoso que la máquina de Turing" (De Castro, 2004, pág. 4). Sin embargo, este marco fue desarrollado con el objetivo de formalizar la noción de algoritmo, y no necesariamente para modelar todos los procesos computacionales posibles en el universo.

En las últimas décadas, diversos autores han cuestionado la validez universal de la tesis fuerte de Church-Turing. Argumentan que, si bien la MT es un modelo poderoso para representar procedimientos algorítmicos, no necesariamente capta la totalidad de los procesos informacionales que ocurren en la naturaleza. En las condiciones actuales, sostienen Wegner, Eberbach y Burgin (2012), es ingenuo pensar que la computación (con todos sus matices) se pueda reducir solamente al mundo cerrado y algorítmico que soporta la MT. La vida, la mente y otros sistemas complejos parecen exhibir dinámicas que no pueden reducirse a un conjunto fijo de reglas algorítmicas.

Por ejemplo, Wegner (1998) ha sostenido que la computación basada en funciones (como la que representa la MT) es inherentemente limitada y que los sistemas interactivos —que responden a estímulos del entorno en tiempo real— no pueden ser completamente descritos por funciones estáticas. Goldin y Wegner (2006) afirman que el paradigma funcional de la computación, aunque matemáticamente elegante, es insuficiente para modelar computación abierta, interactiva y dinámica.

En este contexto, comienzan a explorarse otros modelos de computación que trascienden las limitaciones de la MT. Algunos de estos modelos buscan extender la capacidad de cómputo más allá del conjunto de funciones Turing-computables (Syropoulos, 2008). Otros, en cambio, se centran en redefinir el concepto mismo de computación, incorporando nociones como interacción, adaptabilidad, evolución o computación concurrente (Burgin, 2005; Siegelmann, 2013; Stepney, 2009; Wegner, 1998; Wegner, & Eberbach, 2004).

Algunas de estas propuestas constituyen el punto de partida para repensar qué significa computar en el contexto de los sistemas vivos. Si los organis-

mos, desde las células hasta los organismos sociales, procesan información de formas que no pueden ser encapsuladas en un algoritmo clásico, entonces el modelo estándar de la MT, aunque útil en algunos contextos de la biología, puede resultar insuficiente para comprender la verdadera naturaleza del procesamiento informacional en la vida.

3. De la hipercomputación clásica a la no clásica

A pesar de su éxito como modelo fundacional, la Máquina de Turing (MT) no es una representación completa de todos los posibles procesos de cómputo (Wegner, Eberbach & Burgin, 2012). Syropoulos (2013) argumenta que, en la práctica, existen problemas que, aunque son resolubles —en el sentido de ser demostrables, decidibles o computables—, no pueden ser resueltos por una máquina de Turing. Un caso paradigmático es el del último teorema de Fermat, cuya demostración, lograda por Andrew Wiles, no puede ser obtenida por medios puramente algorítmicos. Esto plantea la pregunta de si existen modelos de computación que trascienden las limitaciones impuestas por la MT y la tesis Church-Turing.

La hipercomputación es el término empleado para designar los modelos de cómputo que exceden el poder computacional o la expresividad de la Máquina de Turing. Este campo estudia la posibilidad teórica y práctica de computar números, funciones o problemas (como el de la detención) que la máquina de Turing es incapaz de computar (Syropoulos, 2008; Copeland, 2002). Adicionalmente, propuestas recientes se han enfocado en la posibilidad de redefinir el significado mismo de la computación para incluir procesos y fenómenos (físicos, biológicos o sociales) que tradicionalmente no se han considerado como formas de computación.

Siguiendo esta distinción, Stepney (2009) propuso que los modelos de hipercomputación pueden dividirse en dos grandes categorías: la *hipercomputación clásica* y la *hipercomputación no clásica*. La primera estudia métodos para computar clases de funciones más amplias que las que puede computar una MT. Lo que varía en este caso son los modelos, no los problemas que la computación teórica intenta resolver. En muchos casos, la hipercomputación clásica

busca extender el modelo de Turing mediante la inclusión de capacidades adicionales, como acceso a oráculos, infinitud temporal, infinitud espacial o precisión infinita. En este sentido, se incluyen propuestas como las máquinas de Turing con oráculo, las máquinas aceleradas, y ciertos modelos de computación cuántica o analógica.

Por ejemplo, las máquinas de Turing con oráculo (*o-machines*) incorporan una función externa que resuelve instantáneamente un problema indecidible, como el problema de la parada. Estas máquinas pueden, por tanto, realizar tareas que están más allá de la capacidad de una MT convencional. De forma similar, las máquinas aceleradas de Turing (*Zeno machines*) ejecutan una cantidad infinita de pasos en un intervalo de tiempo finito, lo que teóricamente les permite resolver problemas indecidibles (Copeland, 2002).

Aunque estos modelos resultan fascinantes desde el punto de vista teórico, presentan serios problemas físicos y epistemológicos (Stannett, 2004). La posibilidad de ejecutar una cantidad infinita de operaciones en tiempo finito, o de acceder a información no calculable por ningún medio convencional, plantea dudas sobre la realizabilidad de estos modelos en el mundo físico. La hipercomputación clásica, en este sentido, está limitada por su dependencia de suposiciones idealizadas (Davis, 2004).

Frente a estas limitaciones, Stepney (2009) introdujo la *hipercomputación no clásica*, que propone un cambio más radical: no extender el modelo de Turing, sino repensar la computación desde sus fundamentos. Este enfoque se basa en procesos interactivos, contextuales y estructuralmente acoplados con el entorno. La hipercomputación no clásica integra y generaliza propuestas de otros autores, como la *computación no Turing* (MacLennan, 2009; 2004) o la *computación superTuring* —en el sentido acuñado por H. Siegelmann (2013). Esto implica un cambio en las preguntas que se hacen, cuestionando la relevancia del problema de la parada o la noción de "salida" como resultado computacional.

La hipercomputación no clásica introduce una crítica profunda a la idea de computación como actividad desmaterializada. Toda computación real está físicamente encarnada, lo que implica que los procesos computacionales con-

sumen energía, se despliegan en el tiempo y dependen de las propiedades del sustrato físico (Stepney, 2009). Esta corporeización afecta lo que puede ser computado, cómo se computa, y qué restricciones emergen del entorno físico. En este contexto, las propiedades del hardware ya no son detalles irrelevantes, sino componentes esenciales del proceso computacional.

Por otro lado, Stepney (Ibíd.) propone que es necesario repensar la relación entre computación y leyes físicas. Si bien tradicionalmente se asumía que las leyes físicas eran un sustrato sobre el cual se implementaban los modelos computacionales, la hipercomputación no clásica invita a considerar la posibilidad inversa: que las propias leyes de la física estén determinadas, en parte, por principios computacionales. Este giro filosófico, ejemplificado por la hipótesis "It from Bit" de Wheeler (2002), transforma la computación en un fundamento ontológico, y no solo epistemológico.

Además, la hipercomputación no clásica se nutre de observaciones provenientes de sistemas naturales. La computación biológica, por ejemplo, muestra cómo los organismos procesan información de manera distribuida, adaptativa y no algorítmica (Neuman, 2008). Estos sistemas no operan con programas explícitos, sino que emergen de interacciones complejas entre componentes físicos y lógicos, bajo condiciones de ruido, incertidumbre y cambio. Por ejemplo, las bacterias son capaces intercambiar material genético que altera directamente sus propiedades físicas, lo cual implica que el hardware biológico se modifica a partir del procesamiento de la información (Ben-Jacob, citado en Maldonado & Gómez-Cruz, 2015). Este tipo de computación —a menudo híbrida, paralela y reactiva— no puede reducirse a una secuencia finita de instrucciones ni a una estructura algorítmica predefinida.

Este cambio de paradigma implica que la computación ya no es una propiedad exclusiva de los sistemas formales o digitales. Puede emerger también en sistemas físicos, biológicos y sociales que despliegan comportamientos computacionales sin necesidad de reglas explícitas, funciones cerradas ni secuencias predefinidas. La vida, en este sentido, se convierte en un escenario privilegiado para explorar nuevos modelos computacionales que trasciendan el alcance de la Máquina de Turing.

En la sección siguiente se abordará justamente este punto: ¿cómo procesan información los sistemas vivos? ¿Qué características diferencian su forma de computación de la computación algorítmica tradicional? Y, sobre todo, ¿puede la teoría de la hipercomputación no clásica ayudarnos a entender mejor la lógica informacional de la vida?

4. La naturaleza computacional de los sistemas vivos

Desde mediados del siglo XX, múltiples disciplinas han coincidido en afirmar que los sistemas vivos procesan información. Esta observación ha sido respaldada por evidencias provenientes de la biología molecular, la neurociencia, la ecología y la teoría de sistemas complejos. Schrödinger (1944), en su influyente obra *¿Qué es la vida?*, ya había propuesto que el carácter distintivo de los organismos vivos es su capacidad para mantener el orden interno a partir del flujo y procesamiento de información. Desde entonces, diversos autores han postulado que, sin procesamiento de información, la vida tal como la conocemos sería inviable (Tsuda et al., 2006).

Esta perspectiva ha dado origen a un conjunto diverso de enfoques que estudian la relación entre biología y computación (Gómez-Cruz & Niño, 2021). Entre ellos se encuentran la bioinformática (Lahoz-Beltrà, 2004), la biocomputación (Cull, 2013), la computación inspirada en la biología (Olariu & Zomaya, 2006), la vida artificial (Gómez-Cruz, 2013) y la computación biológica (Mitchell, 2012; Gómez-Cruz & Niño, 2021). Aunque todos comparten el interés por los vínculos entre sistemas vivos y computacionales, difieren en sus objetivos y metodologías. La computación bioinspirada, por ejemplo, busca desarrollar algoritmos que emulen principios evolutivos o de autoorganización observados en la naturaleza. La bioinformática, en cambio, aplica herramientas computacionales clásicas para analizar información biológica. La computación biológica, por su parte, estudia cómo los sistemas vivos realmente computan, es decir, cómo realizan operaciones informacionales en sus propios términos, sin necesidad de metáforas externas ni traducciones al paradigma algorítmico clásico (Mitchell, 2012; Gómez-Cruz & Niño, 2021).

Uno de los principales retos en este campo es definir qué se entiende por "in-

formación" en biología. No basta con aplicar la noción de información en los términos propuestos por Shannon, que se limitan a los aspectos estadísticos del mensaje que es transmitido desde un emisor hasta un receptor (Niiranen & Ribeiro, 2011). En el contexto de la vida, la información debe entenderse como una propiedad dinámica, contextual y funcional (Reading, 2011). Es decir, como un patrón que tiene un significado o produce un efecto dentro del sistema (Roederer, 2005). Bajo esta caracterización, un estímulo químico, un gradiente de concentración, o un cambio en la expresión génica, pueden considerarse portadores de información si generan una respuesta en el sistema vivo.

Sampson (1976) fue uno de los primeros en explorar el procesamiento de información que los sistemas vivos llevan a cabo de forma natural. Su trabajo se centró, específicamente, en el estudio de los procesos de *codificación* y control biomolecular, y en la *transmisión* de información a nivel genético y neuronal. No obstante, los sistemas vivos no sólo codifican y transmiten información, sino que la perciben, adquieren, discriminan, filtran, reparan, almacenan y sintetizan. Estas actividades no se realizan mediante unidades de control centralizadas ni siguiendo instrucciones secuenciales, sino a través de redes distribuidas de componentes que interactúan localmente (Fisher, Harel & Henzinger, 2011).

Asimismo, el procesamiento de información en estos sistemas es robusto, asíncrono, adaptativo y autoorganizado. Además, está estrechamente acoplado a las propiedades físicas y químicas del sustrato biológico, lo cual implica que el significado de la información no puede separarse de su contexto material. Por ejemplo, a nivel celular, la información necesaria para mantener la vida y sus funciones no se concentra únicamente en los nucleótidos del ADN y ARN, sino que está distribuida, además, entre proteínas, moléculas mensajeras y sus interacciones espaciales (Farnsworth, Nelson & Gershenson, 2013).

Dentro de las características distintivas del procesamiento de información en la vida se encuentran las siguientes (Gómez-Cruz y Niño, 2021):

- La computación biológica sucede de manera distribuida, sin un control

central ni dependencia de operadores externos. Cada componente accede únicamente a información local, lo que permite una autoorganización espontánea y continua (Navlankha & Bar-Joseph, 2015; Ben-Jacob, 2009; Cohen, 2006; Kampis, 1991).

- El procesamiento de información ocurre en múltiples escalas espacio-temporales, desde las moléculas hasta los ecosistemas, mediante flujos que transducen y amplifican información entre escalas micro y macro (Farnsworth, Nelson & Gershenson, 2013; Conrad, 1996).
- La vida utiliza la aleatoriedad, la no linealidad y la computación masivamente paralela para enfrentar la incertidumbre del entorno, lo que le permite generar respuestas diversas y creativas (Stepney, 2008; Fernández & Solé, 2006).
- La capacidad de los sistemas vivos para resistir perturbaciones como mutaciones, errores o ruido se debe a mecanismos como la redundancia, la degenerancia, la autorreparación y la homeostasis, expresados en todos los niveles biológicos (Fisher, Harel & Henzinger, 2011; Wagner, 2005; Stepney, 2008).
- El procesamiento de información biológico es esencialmente interactivo. Los sistemas vivos responden en tiempo real a su entorno y establecen relaciones coevolutivas con él, integrando información latente en sus respuestas adaptativas (Neuman, 2008; Cohen & Harel, 2007).
- Los sistemas vivos no solo interpretan señales externas, sino que también sintetizan nueva información a partir de la interacción entre datos internos y estímulos del entorno, lo que implica una forma activa de construcción de conocimiento (Ben-Jacob, 2009).
- No existe un único modo de computación en la vida. Diferentes subsistemas —como el sistema inmune, las células o el cerebro— procesan información a través de mecanismos distintos pero integrados, lo que revela una computación plural y funcionalmente especializada.
- La evolución genera mecanismos computacionales cada vez más sofisti-

cados y expresivos. La autoorganización permite la aparición de nuevos modos de procesamiento que no están predeterminados (Maynard-Smith & Szathmáry, 2001; Mayfield, 2013). Esto transforma a la computación biológica en una comprensión enriquecida del proceso evolutivo.

- La computación en la vida no tiene salidas definidas de antemano. Estas emergen durante el proceso mismo, como resultados parciales que integran entradas recientes, estados previos y respuestas anteriores, en una dinámica abierta y continua.
- Los sistemas vivos almacenan la información vital en múltiples niveles moleculares y estructuras (Farnsworth, Nelson & Gershenson, 2013). Esta memoria, distribuida y estructural, permite mantener funciones vitales, aprender del entorno y adaptarse, haciendo que el procesamiento biológico dependa profundamente de su historia.

Estas propiedades, en su conjunto, son difíciles de capturar desde el paradigma algorítmico clásico, que supone una entrada finita que precede a la computación, una salida finita que sucede a la computación y una serie de pasos bien definidos ejecutados de forma secuencial y determinista. En cambio, los sistemas vivos no tienen una entrada definida previamente, no siempre generan salidas predecibles, y no siguen un conjunto de reglas fijas.

Desde esta perspectiva, los organismos pueden entenderse como sistemas computacionalmente abiertos, en los que la computación no se limita a una tarea interna, sino que emerge de la interacción continua con el entorno, que se convierte en una fuente crítica e imprescindible de información. Como consecuencia, los sistemas vivos reaccionan de forma simultánea, asíncrona e incesante tanto a la información que proviene del entorno, como a aquella generada internamente (Noble, 2006; Cohen & Harel, 2007). A diferencia de un computador tradicional, donde el significado de cada bit está definido por convención, en los sistemas vivos el significado emerge del uso y de la historia de sus interacciones internas y externas.

Un caso bien estudiado es el sistema inmune, que no solo detecta agentes extraños, sino que computa el estado del cuerpo en su conjunto. De acuerdo

con Cohen (2007), este sistema no se limita a defender el organismo, sino que participa en procesos de reparación, homeostasis y mediación con el microbioma. Lo hace integrando señales locales (como estados inmunogénicos), reconociendo patrones, y generando respuestas específicas que luego modifican su propia estructura, comportamiento y memoria celular adaptativa.

Si aceptamos que los sistemas vivos computan, debemos también aceptar que lo hacen en un sentido que rebasa la noción de computación como evaluación de funciones matemáticas (Maldonado & Gómez-Cruz, 2015). Esta idea se alinea con los principios de la hipercomputación no clásica, y sugiere que los modelos que mejor capturan el procesamiento de información en los sistemas vivos son aquellos que reconocen su carácter abierto, distribuido, adaptativo y emergente.

En la siguiente sección se revisará uno de estos modelos: la computación interactiva (Wegner, 1997: 1998), que proporciona un marco teórico poderoso para representar procesos en los que la interacción continua con el entorno es esencial, y que ha sido propuesto como una vía para superar las limitaciones de la computación algorítmica tradicional (Maldonado & Gómez-Cruz, 2015).

5. Hipercomputación interactiva

La *computación interactiva* representa una de las formas más desarrolladas y prometedoras dentro del campo de la hipercomputación no clásica. Dentro de este marco, la computación se concibe como una interacción continua con el entorno. Esta forma de entender el procesamiento de información se aleja radicalmente de la visión tradicional de la computación como la evaluación de una función sobre una entrada previamente definida. Bajo este nuevo enfoque, la computación no termina, no se cierra sobre sí misma, no se reduce a una entrada y una salida, sino que está abierta y en constante diálogo con su entorno.

Como ha sido señalado por varios autores (Goldin et al., 2006; Eberbach, Goldin & Wegner, 2004), la computación interactiva constituye en sí misma un nuevo paradigma, uno que cuestiona los fundamentos clásicos de la compu-

tación y que resulta más coherente con la práctica computacional contemporánea, en la que predominan sistemas abiertos, concurrentes, adaptativos y no terminantes. Así, la computación interactiva abre una vía hacia una computación más expresiva y adecuada para modelar fenómenos físicos, biológicos y sociales complejos.

La computación interactiva se basa en tres principios fundamentales (Wegner, 1997): la interacción, la infinitud y la evolución. El primero implica que el sistema computacional no está aislado, sino que se encuentra en constante comunicación con un entorno cambiante. El segundo señala que el proceso de cómputo no tiene un punto final predeterminado, sino que puede continuar indefinidamente. El tercero indica que el sistema puede modificar su comportamiento en función de las interacciones previas, es decir, puede aprender o adaptarse (se sugiere analizar, bajo esta perspectiva, los trabajos de Siegelmann (2013) y Burgin y Eberbach, (2012)).

Estos principios se reflejan en el modelo de la Máquina de Turing Persistente (MTP), una generalización del modelo de Turing que permite la interacción continua con el entorno (Goldin et al., 2004). A diferencia de la MT tradicional, que comienza con una entrada finita y finaliza con una salida, la MTP recibe y procesa datos en múltiples ciclos, manteniendo su estado interno entre distintos pasos de cómputo. Esto le permite construir conocimiento a lo largo del tiempo y responder a entradas que no fueron previstas inicialmente.

En términos técnicos, una MTP consiste en un conjunto de configuraciones que incluyen una cinta infinita, un alfabeto de símbolos, un conjunto de estados y una función de transición, al igual que una MT convencional. Sin embargo, a diferencia de ésta, la MTP no se detiene al finalizar una computación, sino que permanece en espera de nuevas entradas. Además, no tiene una única función de transición estática, sino que puede modificar su comportamiento en función del estado actual y de su historia de interacciones.

Este tipo de computación resulta especialmente adecuado para modelar sistemas que operan en tiempo real, como los sistemas de control embebido, los sistemas distribuidos y, en particular, los sistemas vivos. En todos estos ca-

sos, la computación no consiste en calcular una salida a partir de una entrada fija, sino en mantener un flujo continuo de respuestas frente a un entorno que también cambia continuamente.

La computación interactiva desafía la tesis fuerte de Church-Turing, según la cual toda computación efectiva puede ser modelada por una Máquina de Turing (Goldin & Wegner, 2008). Como señala Wegner (1997), la computación interactiva no puede ser simulada por ninguna función matemática. Esto se debe a que las funciones matemáticas son cerradas, deterministas y sin historia, mientras que la interacción implica apertura, contingencia y evolución.

En la práctica, muchos de los sistemas computacionales actuales funcionan de manera interactiva. La computación en red, los sistemas operativos, las interfaces gráficas, los videojuegos, los entornos virtuales y los sistemas de inteligencia artificial son ejemplos de sistemas que requieren interacción constante con usuarios u otros sistemas (Goldin et al., 2006). En todos estos casos, no es posible anticipar todas las entradas posibles ni definir de antemano todas las respuestas.

Goldin y Wegner (2006) argumentan que la computación interactiva es más expresiva que la computación algorítmica, ya que permite representar procesos que dependen del contexto, que se modifican con el tiempo y que no pueden ser reducidos a un algoritmo fijo. La computación interactiva admite comportamientos que no solo son no algorítmicos, sino también no formalizables en sentido clásico. Goldin y Wegner (2008) indican que cuanto mayor es la expresividad de un sistema interactivo, menor es su posibilidad de formalización completa. Esta tensión entre expresividad e incompletitud se alinea con los fenómenos biológicos, en los que la formalización exhaustiva no es posible sin pérdida de dinamismo, adaptabilidad o complejidad estructural.

Desde este punto de vista, la computación interactiva es especialmente poderosa para pensar el procesamiento de información distribuido, por ejemplo, en colonias de hormigas, en redes metabólicas, en organismos multicelulares o en ecosistemas (Gómez-Cruz, 2020). En cada uno de estos casos, los patro-

nes funcionales emergen de interacciones locales y continuas con el entorno, sin que exista una unidad de control central ni una secuencia predefinida de instrucciones.

Colonias de bacterias como las de *Bacillus subtilis* muestran comportamiento colectivo inteligente, redistribuyendo sus funciones en respuesta al estrés. Lo logran intercambiando señales químicas y generando patrones espaciales que maximizan la supervivencia. Ben-Jacob (2009) describe este fenómeno como una forma de computación emergente distribuida, en la que los elementos individuales procesan información local y reorganizan sus respuestas en función del comportamiento del conjunto. La computación interactiva, por tanto, aparece como un marco teórico fértil para modelar la computación biológica. Estos principios de la computación interactiva resultan apropiados para entender cómo computan los sistemas vivos, y en particular, para fundamentar la noción de hipercomputación biológica.

6. Conclusión: la vida como una forma de hipercomputación

A la luz de los modelos no clásicos de hipercomputación, y especialmente del paradigma de la computación interactiva, es posible proponer una tesis fuerte y sugerente: los sistemas vivos no sólo procesan información, sino que lo hacen mediante una forma de computación que trasciende las capacidades del modelo algorítmico clásico. Esta propuesta ha sido denominada *hipercomputación biológica* (Maldonado & Gómez-Cruz, 2015).

La hipercomputación biológica se define como la capacidad de los sistemas vivos para procesar información de forma más expresiva que cualquier modelo algorítmico basado en la Máquina de Turing. No se trata de afirmar que la vida resuelve funciones no computables en el sentido tradicional, como el problema de la parada, sino de sostener que su forma de computar no se ajusta al marco de referencia algorítmico. Los organismos vivos computan de forma abierta, continua, evolutiva y acoplada al entorno: no separan procesamiento, acción y contexto, sino que los integran en una dinámica indivisible.

Como se ha argumentado, los sistemas vivos muestran propiedades de com-

putación interactiva: su procesamiento no termina, es sensible a perturbaciones, depende de la historia previa y se modifica constantemente. Pero, además, la vida presenta rasgos que amplían aún más el espectro computacional: autoorganización, emergencia, multiescalaridad, robustez, evolución. Estas características sugieren que el procesamiento biológico no es sólo interactivo, sino también creativo, generativo, y no reducible a una función computable por medios discretos.

Frente a ello, la hipercomputación biológica se sitúa como una forma de hipercomputación no clásica. A diferencia de la hipercomputación clásica, que busca superar a la Máquina de Turing mediante idealizaciones matemáticas o físicas (oráculos, infinitud, precisión absoluta), la hipercomputación biológica se fundamenta en procesos reales, observables en los sistemas vivos. No presupone acceso a lo imposible, sino que invita a redefinir lo computable a partir de lo vivo.

Desde esta perspectiva, uno de los argumentos centrales que sostienen la noción de hipercomputación biológica es que la vida no computa mediante algoritmos, sino mediante mecanismos de procesamiento de información que se construyen y transforman en el tiempo. Computar, en el sentido biológico, es crear estructuras capaces de adaptarse, aprender, sobrevivir. No hay una entrada predefinida ni una salida anticipada: hay una historia de interacciones, una dinámica de acoplamiento estructural con el entorno, un proceso abierto de transformación de estados (para una aproximación desde la computación interactiva, vea Gómez-Cruz (2020)).

Este tipo de computación, lejos de ser abstracta o especulativa, está anclada en la realidad física, química y biológica de los organismos. Los sistemas vivos computan con su cuerpo, con su metabolismo, con sus patrones de organización interna. Su computación está inscrita en su propia estructura, y no puede disociarse de su materialidad (Stepney, 2009). Por eso, la hipercomputación biológica no es un ideal teórico, sino una invitación a observar cómo computa la vida más allá de nuestras categorías tradicionales.

En síntesis, entender cómo los sistemas vivos procesan información —es de-

cir, cómo computan— contribuirá a una visión integrada de la biología (Farnsworth, Nelson & Gershenson, 2013; Mitchell, 2012) y a una reformulación del concepto mismo de computación (Rozenberg, Bäck & Kok, 2012; Kari & Rozenberg, 2008; Rozenberg, 2008). Concebir a la vida como una forma de hipercomputación no clásica implica una transformación profunda en nuestra manera de pensar la computación, la naturaleza y el conocimiento. Ya no se trata de imponerle a la vida los límites de nuestros modelos y máquinas, sino de permitir que la vida nos enseñe lo que realmente significa computar.

Referencias

- Amos, M., Hodgson, D. A., & Gibbons, A. (2007). Bacterial self-organisation and computation. *International Journal of Unconventional Computing, 3*(3), 199–210. https://www.oldcitypublishing.com/journals/ijuc-home/ijuc-issue-contents/ijuc-volume-3-number-3-2007/ijuc-3-3-p-199-210/
- Ben-Jacob, E. (2009). Learning from bacteria about natural information processing. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1178*, 78–90. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05022.x
- Bray, D. (2009). *Wetware: A computer in every living cell.* Yale University Press.
- Burgin, M. (2005). *Super-recursive algorithms.* Springer. https://doi.org/10.1007/b138114
- Burgin, M. & Dodig-Crnkovic, G. (2013). From the closed classical algorithmic universe to an open world of algorithmic constellations. En G. Dodig-Crnkovic & R. Giovagnoli (Eds.), *Computing nature: A Turing centenary perspective* (pp. 241–253). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37225-4_16
- Burgin, M. & Eberbach, E. (2012). Evolutionary automata: Expressiveness and convergence of evolutionary computation. *The Computer Journal, 55*(9), 1023–1029. https://doi.org/10.1093/comjnl/bxr099
- Cohen, I. R. (2006). Immune system computation and the immunological homunculus. En O. Nierstrasz, J. Whittle, D. Harel, & G. Reggio (Eds.), *Model driven engineering languages and systems* (pp. 499–512). Springer. https://doi.org/10.1007/11880240_35
- Cohen, I. R., & Harel, D. (2007). Explaining a complex living system: Dynamics, multi-scaling and emergence. *Journal of the Royal Society Interface, 4*(13), 175–182. https://doi.org/10.1098/rsif.2006.0173
- Conrad, M. (1996). Cross-scale information processing in evolution, development and intelligence. *BioSystems, 38*(2–3), 97–109. https://doi.org/10.1016/0303-2647(95)01579-5

- Copeland, B. J. (1996). What is computation? *Synthese, 108*(3), 335–359. https://doi.org/10.1007/BF00413695
- Copeland, B. J. (2002). Accelerating Turing machines. *Minds and Machines, 12*(2), 281–300. https://doi.org/10.1023/A:1015607401307
- Copeland, B. J. (2012). *Alan Turing: El pionero de la era de la informática.* Turner.
- Cull, P. (2013). Biocomputation: Some history and prospects. *Biosystems, 112*(3), 196–203. https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2012.12.005
- Davis, M. (2004). The myth of hypercomputation. En C. Teuscher (Ed.), *Alan Turing: Life and legacy of a great thinker* (pp. 195–211). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05642-4_8
- De Castro, R. (2004). *Teoría de la computación: Lenguajes, autómatas, gramáticas.* Universidad Nacional de Colombia.
- Denning, P. (2012). Opening statement: What is computation? *The Computer Journal, 55*(7), 805–810. https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs066
- Dodig-Crnkovic, G. (2010). Biological information and natural computation. En J. Vallverdú (Ed.), *Thinking machines and the philosophy of computer science: Concepts and principles* (pp. 36–52). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-61692-014-2.ch003
- Dodig-Crnkovic, G. (2011). Significance of models of computation, from Turing model to natural computation. *Minds and Machines, 21*(2), 301–322. https://doi.org/10.1007/s11023-011-9235-1
- Eberbach, E., Goldin, D., & Wegner, P. (2004). Turing's ideas and models of computation. En C. Teuscher (Ed.), *Alan Turing: Life and legacy of a great thinker* (pp. 159–194). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05642-4_7
- Farnsworth, K. D., Nelson, J. & Gershenson, C. (2013). Living is information processing: From molecules to global systems. *Acta Biotheoretica, 61*(2), 203–222. https://doi.org/10.1007/s10441-013-9179-3

- Fernández, P. & Solé, R. (2006). The role of computation in complex regulatory networks. En E. V. Koonin, Y. I. Wolf, & G. P. Karev (Eds.), *Power laws, scale-free networks and genome biology* (pp. 206–225). Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-33916-7_12
- Fisher, J., Harel, D. & Henzinger, T. A. (2011). Biology as reactivity. *Communications of the ACM, 54*(10), 72–82. https://doi.org/10.1145/2001269.2001289
- Goldin, D. & Wegner, P. (2006). Principles of interactive computation. En D. Goldin, S. A. Smolka, & P. Wegner (Eds.), *Interactive computation: The new paradigm* (pp. 25–37). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-34874-3_3
- Goldin, D. & Wegner, P. (2008). The interactive nature of computing: Refuting the strong Church–Turing thesis. *Minds and Machines, 18*(1), 17–38. https://doi.org/10.1007/s11023-007-9083-1
- Goldin, D., Smolka, S. A., Attie, P. & Sonderegger, E. (2004). Turing machines, transition systems, and interaction. *Information and Computation, 194*(2), 101–128. https://doi.org/10.1016/j.ic.2004.07.002
- Goldin, D., Smolka, S. A., & Wegner, P. (Eds.). (2006). *Interactive computation: The new paradigm.* Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-34874-3
- Gómez-Cruz, N. A. (2013). *Vida artificial: Ciencia e ingeniería de sistemas complejos.* Universidad del Rosario.
- Gómez-Cruz, N. A. (2020). Computación interactiva y emergente en colonias de hormigas. *Ciencias de la Complejidad, 1*(1), 7–22. https://doi.org/10.48168/cc012020-001
- Gómez-Cruz, N. A., & Niño Vásquez, L. F. (2021). Computación biológica: El estudio de la naturaleza computacional de los sistemas vivos. En J. L. Cómbita & C. E. Maldonado (Comps.), *Biología teórica, explicaciones y complejidad* (pp. 236–294). Universidad del Bosque y Fundación BIEVEP.
- Harel, D. (2000). *Computers Ltd: What they really can't do.* Oxford University Press.

- Harel, D., & Feldman, Y. (2004). *Algorithmics: The spirit of computing* (3rd ed.). Pearson.
- Hogg, T., & Huberman, B. A. (1984). Understanding biological computation: Reliable learning and recognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 81*(21), 6871–6875. https://doi.org/10.1073/pnas.81.21.6871
- Hopfield, J. J. (1994). Physics, computation, and why biology looks so different. *Journal of Theoretical Biology, 171*(1), 53–60. https://doi.org/10.1006/jtbi.1994.1211
- Kampis, G. (1991). *Self-modifying systems in biology and cognitive science: A new framework for dynamics, information and complexity*. Pergamon Press.
- Kari, L., & Rozenberg, G. (2008). The many facets of natural computing. *Communications of the ACM, 51*(10), 72–83. https://doi.org/10.1145/1400181.1400200
- Lahoz-Beltrà, R. (2004). *Bioinformática: Simulación, vida artificial e inteligencia artificial*. Díaz de Santos.
- Langton, C. G. (1992). Life at the edge of chaos. En C. G. Langton, C. Taylor, J. D. Farmer, & S. Rasmussen (Eds.), *Artificial life II* (pp. 41–91). Addison-Wesley.
- MacLennan, B. J. (2004). Natural computation and non-Turing models of computation. *Theoretical Computer Science, 317*(1–3), 115–145. https://doi.org/10.1016/j.tcs.2003.12.008
- MacLennan, B. J. (2009). Super-Turing or non-Turing? Extending the concept of computation. *The International Journal of Unconventional Computing, 5*(3–4), 369–387. https://www.oldcitypublishing.com/journals/ijuc-home/ijuc-issue-contents/ijuc-volume-5-number-3-4-2009/ijuc-5-3-4-p-369-387/
- Maldonado, C. E., & Gómez-Cruz, N. A. (2015). Biological hypercomputation: A new research problem in complexity theory. *Complexity, 20*(4), 8–18. https://doi.org/10.1002/cplx.21535

- Martin, J. C. (2003). *Introduction to languages and the theory of computation* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Mayfield, J. E. (2013). *The engine of complexity: Evolution as computation.* Columbia University Press.
- Maynard Smith, J., & Szathmáry, E. (2001). *Ocho hitos de la evolución: Del origen de la vida a la aparición del lenguaje.* Tusquets.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity: A guided tour.* Oxford University Press.
- Mitchell, M. (2012). Biological computation. *The Computer Journal, 55*(7), 852–855. https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs078
- Navlakha, S., & Bar-Joseph, Z. (2015). Distributed information processing in biological and computational systems. *Communications of the ACM, 58*(1), 94–102. https://doi.org/10.1145/2678280
- Neuman, Y. (2008). *Reviving the living: Meaning making in living systems.* Elsevier.
- Niiranen, S., & Ribeiro, A. (2011). *Information processing and biological systems.* Springer.
- Olariu, S., & Zomaya, A. Y. (2006). *Handbook of bioinspired algorithms and applications.* Chapman & Hall/CRC.
- Reading, A. (2011). *Meaningful information: The bridge between biology, brain, and behavior.* Springer.
- Roederer, J. G. (2005). *Information and its role in nature.* Springer.
- Rozenberg, G. (2008). Computer science, informatics, and natural computing—Personal reflections. En S. B. Cooper, B. Löwe, & A. Sorbi (Eds.), *New computational paradigms: Changing conceptions of what is computable* (pp. 373–379). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-68546-5_16
- Rozenberg, G., Bäck, T., & Kok, J. N. (Eds.). (2012). *Handbook of natural computing.* Springer.
- Schrödinger, E. (1944). *What is life?* Cambridge University Press.

- Siegelmann, H. T. (2013). Turing on super-Turing and adaptivity. *Progress in Biophysics & Molecular Biology, 113*(1), 117–126. https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2013.03.013
- Sipser, M. (2013). *Introduction to the theory of computation* (3rd ed.). Cengage Learning.
- Solé, R., & Macía, J. (2011). Synthetic biocomputation: The possible and the actual. En T. Lenaerts, M. Giacobini, H. Bersini, P. Bourgine, M. Dorigo, & R. Doursat (Eds.), *Advances in Artificial Life, ECAL 2011*. MIT Press. https://doi.org/10.7551/978-0-262-29714-1-ch008
- Stannett, M. (2004). Hypercomputational models. En C. Teuscher (Ed.), *Alan Turing: Life and legacy of a great thinker* (pp. 135–157). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05642-4_6
- Stepney, S. (2008). The neglected pillar of material computation. *Physica D: Nonlinear Phenomena, 237*(9), 1157–1164. https://doi.org/10.1016/j.physd.2008.01.028
- Stepney, S. (2009). Non-classical hypercomputation. *International Journal of Unconventional Computing, 5*(3), 267–276. https://www.oldcitypublishing.com/journals/ijuc-home/ijuc-issue-contents/ijuc-volume-5-number-3-4-2009/ijuc-5-3-4-p-267-276/
- Syropoulos, A. (2008). *Hypercomputation: Computing beyond the Church–Turing barrier*. Springer.
- Syropoulos, A. (2013). Hypercomputation: Fantasy or reality? A position paper. *Parallel Processing Letters, 23*(1), 1360005. https://doi.org/10.1142/S0129626413500059
- Tsuda, S., Zauner, K. P., & Gunji, Y. P. (2006). Computing substrates and life. En S. Artmann & P. Dittrich (Eds.), *Explorations in the complexity of possible life: Abstracting and synthesizing the principles of living systems* (pp. 39–49). IOS Press.
- Turing, A. M. (1936). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society,*

42(1), 230–265. https://doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.230

- Wagner, A. (2005). *Robustness and evolvability in living systems*. Princeton University Press.
- Wegner, P. (1997). Why interaction is more powerful than algorithms. *Communications of the ACM, 40*(5), 80–91. https://doi.org/10.1145/253769.253801
- Wegner, P. (1998). Interactive foundations of computing. *Theoretical Computer Science, 192*(2), 315–351. https://doi.org/10.1016/S0304-3975(97)00154-0
- Wegner, P., & Eberbach, E. (2004). New models of computation. *The Computer Journal, 47*(1), 4–9. https://doi.org/10.1093/comjnl/47.1.4
- Wegner, P., Eberbach, E., & Burgin, M. (2012). Computational completeness of interaction machines and Turing machines. En A. Voronkov (Ed.), *Turing-100: The Alan Turing Centenary* (EPiC Series in Computing, Vol. 10, pp. 405–414). EasyChair. https://easychair.org/publications/paper/DXKk
- Wheeler, J. A. (2002). Information, physics, quantum: The search for links. En A. Hey (Ed.), *Feynman and computation* (cap. 19). CRC Press.

SECCIÓN

III

REDES, FINANZAS E INCERTIDUMBRE SISTÉMICA

LaSalle Universidad

Los textos que integran esta sección se sitúan en un escenario marcado por la interconexión y la inestabilidad. En un mundo donde los sistemas financieros se articulan a través de redes cada vez más densas, comprender sus dinámicas implica ir más allá de modelos que asumen comportamientos predecibles o equilibrios estables.

La noción de incertidumbre sistémica adquiere aquí un lugar central. No se trata únicamente de eventos aislados o de riesgos calculables, sino de configuraciones en las que pequeñas variaciones pueden amplificarse y generar efectos de gran escala. En este contexto, las redes no son solo estructuras de conexión, sino espacios donde circulan flujos, decisiones y tensiones que, en su interacción, producen resultados difíciles de anticipar.

Los trabajos reunidos en esta sección abordan estas problemáticas desde distintas perspectivas, explorando tanto los mecanismos que sostienen los sistemas financieros como las fragilidades que los atraviesan. En ese recorrido, emerge con claridad la necesidad de pensar estos fenómenos desde marcos que reconozcan su complejidad, evitando reducciones que invisibilizan sus interdependencias.

Más que ofrecer diagnósticos cerrados, esta sección propone una aproximación que asume la incertidumbre como una condición constitutiva y no como una anomalía. En ese sentido, invita a reconsiderar las formas en que entendemos el riesgo, la estabilidad y la toma de decisiones en contextos profundamente interconectados.

FINANZAS, REDES Y COMPLEJIDAD: HACIA UNA EPISTEMOLOGÍA DE LA INCERTIDUMBRE SISTÉMICA

Glenn Roberto Arce Larrea

Vicerrector Académico de la Universidad La Salle

garce@ulasalle.edu.pe

https://orcid.org/0000-0002-6949-9001

Wendy Anne Ugarte Mejia

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

wugartem@unsa.edu.pe

https://orcid.org/0000-0003-2185-5887

Angela Daniela Portugal Pacheco

Universidad La Salle

aportugalp@ulasalle.edu.pe

https://orcid.org/0000-0003-3096-3740

Resumen:

A lo largo del siglo XX, el desarrollo de la teoría financiera estuvo fuertemente influido por modelos que asumían la eficiencia de los mercados, la racionalidad de los agentes y la posibilidad de anticipar el comportamiento económico a partir de relaciones relativamente estables. En ese marco, la incertidumbre era tratada como un elemento residual, susceptible de ser reducido mediante mayor información y herramientas cuantitativas más sofisticadas. Sin embargo, las crisis financieras recurrentes, y de manera particular la crisis global de 2008, evidenciaron las limitaciones de estos enfoques y revelaron la necesidad de repensar los fundamentos desde los cuales se interpretan los mercados.

Este trabajo propone una aproximación epistemológica que articula la teoría de redes y las ciencias de la complejidad como base para comprender la naturaleza sistémica de la incertidumbre financiera. Desde esta perspectiva, los mercados dejan de concebirse como estructuras lineales y previsibles, para ser entendidos como sistemas complejos adaptativos, compuestos por agentes interdependientes cuyas interacciones generan comportamientos emergentes. En este contexto, la incertidumbre no constituye una anomalía transitoria, sino una condición inherente al funcionamiento del sistema.

A partir de categorías como contagio financiero, riesgo sistémico, centralidad de nodos, adaptación y autoorganización, se argumenta que las dinámicas financieras contemporáneas requieren marcos analíticos capaces de capturar la densidad de sus interconexiones. En este sentido, la teoría de redes ofrece herramientas para identificar patrones de vulnerabilidad estructural, mientras que la perspectiva de la complejidad permite comprender cómo pequeñas perturbaciones pueden amplificarse y derivar en procesos de inestabilidad generalizada.

Asimismo, se destaca el papel de la inteligencia estratégica y de la identificación de señales débiles como mecanismos clave para la anticipación en entornos caracterizados por alta incertidumbre. Más que predecir eventos específicos, se trata de desarrollar capacidades para interpretar dinámicas, reconocer configuraciones críticas y responder de manera adaptativa.

En conclusión, la gestión financiera contemporánea exige superar la aspiración de control absoluto y avanzar hacia enfoques centrados en la comprensión de sistemas complejos. En este marco, la resiliencia, la adaptabilidad y el aprendizaje continuo se posicionan como elementos fundamentales para enfrentar la incertidumbre sistémica en contextos de creciente interdependencia global.

Palabras clave: complejidad, redes financieras, incertidumbre, riesgo sistémico, teoría de redes, sistemas complejos, inteligencia estratégica.

Abstract:

Throughout the twentieth century, the development of financial theory was strongly influenced by models that assumed market efficiency, the rationality of economic agents, and the possibility of predicting economic behavior based on relatively stable relationships. Within this framework, uncertainty was treated as a residual element that could be reduced through increased information and more sophisticated quantitative tools. However, recurring financial crises, particularly the 2008 global financial crisis, exposed the limitations of these approaches and highlighted the need to rethink the theoretical foundations used to interpret financial markets.

This paper proposes an epistemological approach that integrates network theory and complexity science as a foundation for understanding the systemic nature of financial uncertainty. From this perspective, markets are no longer conceived as linear and predictable structures but rather as complex adaptive systems composed of interdependent agents whose interactions generate emergent behaviors. In this context, uncertainty is not viewed as a temporary anomaly but as an inherent condition of the system's functioning.

Drawing on concepts such as financial contagion, systemic risk, node centrality, adaptation, and self-organization, this study argues that contemporary financial dynamics require analytical frameworks capable of capturing the density of their interconnections. In this regard, network theory provides tools for identifying patterns of structural vulnerability, while the complex-

ity perspective explains how small disturbances can be amplified, leading to widespread instability.

The paper also highlights the role of strategic intelligence and the identification of weak signals as key mechanisms for anticipation in environments characterized by high uncertainty. Rather than predicting specific events, the objective is to develop the capacity to interpret evolving dynamics, recognize critical configurations, and respond adaptively.

In conclusion, contemporary financial management requires moving beyond the aspiration of absolute control toward approaches centered on understanding complex systems. Within this framework, resilience, adaptability, and continuous learning emerge as essential elements for addressing systemic uncertainty in contexts of increasing global interdependence.

Keywords: complexity, financial networks, uncertainty, systemic risk, network theory, complex systems, strategic intelligence.

1. Introducción

En el corazón de toda decisión financiera se encuentra una tensión que no puede ser eliminada: la imposibilidad de conocer el futuro con certeza. Ningún inversionista, analista, gestor de riesgos o regulador dispone de información suficiente para anticipar con precisión los eventos que configurarán el comportamiento de los mercados en el corto o largo plazo. En este sentido, la incertidumbre no constituye un elemento accesorio de la actividad financiera, sino una condición inherente a su propia naturaleza.

A lo largo del siglo XX, la teoría financiera buscó domesticar esta incertidumbre mediante el desarrollo de modelos matemáticos cada vez más refinados. Enfoques como la hipótesis de los mercados eficientes (Fama, 1970), la teoría moderna de portafolios (Markowitz, 1952) o los modelos de valoración de activos (Sharpe, 1964) partían del supuesto de que los mercados podían describirse a partir de relaciones relativamente estables. Bajo esta lógica, el riesgo era concebido como una variable cuantificable y, por tanto, susceptible de ser gestionada mediante herramientas técnicas adecuadas.

No obstante, la evolución reciente de los mercados financieros ha puesto en evidencia los límites de esta aproximación. Episodios como la crisis asiática de 1997, el colapso de Long-Term Capital Management en 1998, la crisis financiera global de 2008 o los eventos de volatilidad asociados al trading algorítmico muestran que los mercados no siempre responden a patrones previsibles. Más bien, exhiben comportamientos abruptos, discontinuos y, en muchos casos, difíciles de anticipar incluso con modelos altamente sofisticados (Taleb, 2007; Haldane y May, 2011).

Estos fenómenos han impulsado la búsqueda de nuevos marcos interpretativos capaces de capturar la complejidad de las dinámicas financieras contemporáneas. En este contexto, las contribuciones provenientes de la teoría de redes y de las ciencias de la complejidad han adquirido una relevancia creciente. Desde esta perspectiva, los mercados dejan de entenderse como sistemas lineales orientados al equilibrio y pasan a concebirse como sistemas complejos adaptativos, en los que múltiples agentes interactúan, aprenden y se ajustan continuamente en función de las condiciones del entorno (Farmer y Foley, 2009).

Bancos, fondos de inversión, aseguradoras, organismos reguladores e inversionistas individuales participan de manera simultánea en una trama de relaciones interdependientes. Estas interacciones generan patrones colectivos que no pueden explicarse únicamente a partir de las decisiones individuales, sino que emergen del propio entramado relacional del sistema. Como ha señalado Newman (2018), la estructura de las conexiones resulta tan relevante como las características de los nodos que integran la red.

En este marco, la incertidumbre adquiere un significado distinto. Ya no se limita a la ausencia de información o a la dificultad para estimar probabilidades, sino que se vincula con la propia configuración del sistema. La interdependencia, la retroalimentación y la capacidad adaptativa de los agentes introducen dinámicas no lineales que hacen inviable una predicción completa del comportamiento del mercado. En términos de Knight (1921), se transita de un riesgo medible hacia una incertidumbre fundamental.

Este cambio de perspectiva implica, a su vez, una transformación epistemo-

lógica. Si los mercados financieros operan como sistemas complejos, los instrumentos analíticos deben ser capaces de captar fenómenos como la emergencia, la autoorganización, la no linealidad y la propagación sistémica del riesgo. En consecuencia, los modelos basados exclusivamente en el equilibrio resultan insuficientes para dar cuenta de la dinámica actual de los mercados globales.

En este escenario, la teoría de redes ofrece una herramienta particularmente valiosa. Al centrar el análisis en las relaciones entre los agentes, permite identificar estructuras de interdependencia, nodos críticos y mecanismos de contagio que permanecen invisibles en enfoques tradicionales. De este modo, la red no solo describe el sistema financiero, sino que permite comprender cómo las perturbaciones locales pueden amplificarse y generar efectos de alcance sistémico (Acemoglu et al., 2015).

El presente trabajo se propone examinar las implicancias de adoptar una perspectiva basada en la complejidad y las redes para el estudio de las finanzas. Se sostiene que la incertidumbre no constituye una anomalía que deba ser eliminada, sino una propiedad estructural de los sistemas financieros contemporáneos. En este sentido, la capacidad para interpretar señales débiles, reconocer patrones emergentes y anticipar dinámicas de propagación se convierte en un elemento estratégico en entornos caracterizados por una creciente interconectividad.

A partir de esta premisa, el capítulo analiza las limitaciones de los modelos financieros tradicionales, explora la estructura de las redes financieras, caracteriza a los mercados como sistemas complejos adaptativos y plantea una reflexión epistemológica orientada a comprender la incertidumbre sistémica como un rasgo constitutivo de la realidad financiera del siglo XXI.

2. La crisis de los modelos financieros tradicionales

Durante buena parte del siglo XX, la teoría financiera se desarrolló bajo una lógica fuertemente influenciada por la física clásica. Así como la mecánica newtoniana aspiraba a explicar el comportamiento del mundo físico mediante leyes universales, la economía financiera buscó construir modelos capaces

de describir y anticipar el comportamiento de los mercados a partir de principios generales, relaciones estables y dinámicas orientadas al equilibrio. En este marco, la incertidumbre era entendida como una imperfección transitoria, asociada a limitaciones en la información disponible o en la capacidad de procesamiento de los agentes.

De este enfoque emergieron algunas de las teorías más influyentes de las finanzas modernas. La hipótesis de los mercados eficientes (Fama, 1970) sostuvo que los precios de los activos reflejan de manera inmediata toda la información disponible, lo que elimina de forma sistemática las oportunidades de obtener beneficios extraordinarios. Bajo este supuesto, el mercado no solo procesa información de manera eficiente, sino que tiende de forma natural hacia estados de equilibrio.

En una línea complementaria, la teoría moderna de portafolios desarrollada por Markowitz (1952) introdujo la idea de que el riesgo podía ser gestionado a través de la diversificación. La volatilidad se convirtió en el indicador central para representar la incertidumbre, permitiendo estructurar combinaciones de activos que optimizan la relación entre riesgo y rendimiento. Este planteamiento reforzó la noción de que la incertidumbre podía ser medida y controlada mediante herramientas cuantitativas adecuadas.

Posteriormente, el desarrollo del modelo de valoración de activos de capital (CAPM), formulado por Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966), consolidó una visión en la que la rentabilidad esperada de un activo podía explicarse a partir de su relación lineal con el riesgo sistemático. La elegancia formal del modelo y su relativa simplicidad facilitaron su rápida adopción tanto en el ámbito académico como en la práctica profesional.

En este contexto, el modelo de valoración de opciones de Black y Scholes (1973) representó uno de los puntos más altos de confianza en la capacidad predictiva de las finanzas cuantitativas. Su formulación permitió estimar precios teóricos para instrumentos derivados bajo un conjunto de supuestos bien definidos, lo que contribuyó a transformar profundamente los mercados financieros y a consolidar la idea de que el comportamiento del mercado podía ser capturado mediante modelos matemáticos sofisticados.

Sin embargo, estos avances descansaban sobre una serie de supuestos que, con el tiempo, comenzaron a mostrar sus limitaciones. La racionalidad de los agentes, la eficiencia en la distribución de la información, la estabilidad de las relaciones entre variables y la posibilidad de representar la incertidumbre mediante distribuciones conocidas configuraban una visión del mundo financiero ordenada y predecible. En la práctica, estos supuestos rara vez se cumplían de manera consistente.

Como advierte Kirman (2010), gran parte de la teoría económica contemporánea ha tendido a construir explicaciones rigurosas sobre comportamientos idealizados que difícilmente se observan en los mercados reales. Las decisiones financieras no responden únicamente a cálculos racionales, sino que están atravesadas por expectativas cambiantes, procesos de imitación, sesgos cognitivos y dinámicas colectivas que introducen un grado significativo de inestabilidad.

La crisis financiera global de 2008 constituye, en este sentido, un punto de inflexión. Durante años, instituciones financieras y organismos reguladores emplearon modelos sofisticados para estimar los riesgos asociados al mercado hipotecario. No obstante, dichos modelos resultaron incapaces de anticipar la magnitud del colapso. Cuando el deterioro del mercado inmobiliario se hizo evidente, las pérdidas se propagaron rápidamente a través de una red altamente interconectada de instituciones financieras, generando un efecto sistémico de gran escala (Brunnermeier y Oehmke, 2013).

El caso de Lehman Brothers ilustra con claridad esta dinámica. Su quiebra no solo afectó a sus acreedores directos, sino que desencadenó una crisis de confianza que paralizó mercados enteros. Lo que en apariencia era un problema localizado terminó amplificándose debido a las múltiples interdependencias que estructuran el sistema financiero global. Desde los enfoques tradicionales, este tipo de propagación resulta difícil de explicar; sin embargo, desde la perspectiva de redes, constituye una consecuencia esperable de sistemas altamente conectados (Haldane y May, 2011).

A partir de estos eventos, se consolidó una crítica más profunda a los modelos basados exclusivamente en el equilibrio. Farmer y Foley (2009) sostienen que

la economía necesita incorporar herramientas provenientes de las ciencias de la complejidad para comprender sistemas en los que los agentes interactúan, aprenden y modifican continuamente sus estrategias. En este tipo de entornos, las condiciones del sistema no son estáticas, sino que evolucionan junto con el comportamiento de los propios actores.

Esto no implica descartar por completo los modelos tradicionales. Su utilidad sigue siendo evidente en contextos específicos. No obstante, su capacidad explicativa se reduce significativamente cuando se enfrentan a fenómenos caracterizados por interdependencias intensas, retroalimentaciones no lineales y comportamientos emergentes. Es precisamente en este punto donde la teoría de redes y las ciencias de la complejidad aportan nuevas herramientas analíticas.

Desde esta perspectiva, la incertidumbre deja de ser una anomalía para convertirse en un rasgo estructural del sistema. Los mercados financieros no son sistemas que ocasionalmente experimentan episodios de complejidad; son, en esencia, sistemas complejos. Sus dinámicas emergen de la interacción continua entre agentes heterogéneos que ajustan sus decisiones en función del comportamiento de los demás.

La hipótesis de inestabilidad financiera de Minsky (1992) refuerza esta idea al señalar que los periodos de estabilidad tienden a generar comportamientos que incrementan el riesgo sistémico. La acumulación progresiva de vulnerabilidades crea las condiciones para crisis futuras, de modo que la estabilidad contiene en sí misma los elementos que pueden conducir a la inestabilidad. Esta lógica resulta coherente con los principios de la complejidad, donde los sistemas evolucionan a partir de sus propias dinámicas internas.

En consecuencia, la crisis de los modelos financieros tradicionales no debe interpretarse únicamente como una discusión metodológica. Se trata de una transformación en la forma de comprender la realidad financiera. El tránsito desde una visión lineal hacia una perspectiva compleja implica reconocer que los mercados son sistemas abiertos, adaptativos e inherentemente inciertos, en los que las relaciones entre los actores adquieren una relevancia central. Este cambio constituye el punto de partida para entender por qué las redes

financieras se han convertido en un eje fundamental de la investigación contemporánea.

3. Redes financieras y propagación del riesgo sistémico

En las últimas décadas, la estructura de los mercados financieros ha experimentado una transformación profunda caracterizada por un incremento sostenido en los niveles de interdependencia entre instituciones, instrumentos y jurisdicciones. Este fenómeno ha modificado de manera sustancial la naturaleza del riesgo, desplazando el foco analítico desde las entidades individuales hacia el entramado de relaciones que las vincula. Mientras que durante gran parte del siglo pasado la evaluación del riesgo se concentraba en variables como la solvencia, la liquidez o la calidad de los activos de una institución particular, en la actualidad resulta insuficiente analizar estos elementos de forma aislada.

El proceso de globalización financiera, junto con la sofisticación de los instrumentos derivados y la creciente integración de los mercados, ha dado lugar a sistemas altamente conectados en los que las decisiones de un agente pueden generar efectos que trascienden ampliamente su ámbito inmediato de acción. En este contexto, emerge con fuerza el concepto de riesgo sistémico, entendido como la posibilidad de que perturbaciones localizadas se propaguen a través del sistema financiero, afectando su estabilidad global. Tal como señalan Haldane y May (2011), este tipo de riesgo no puede comprenderse únicamente a partir de la suma de riesgos individuales, sino que es el resultado de las interacciones complejas entre los distintos componentes del sistema.

Desde esta perspectiva, las instituciones financieras pueden concebirse como nodos dentro de una red compleja en la que los vínculos representan relaciones de deuda, inversión, intercambio de información o exposición a riesgos comunes. Esta representación permite capturar una dimensión fundamental del sistema financiero que había sido tradicionalmente subestimada: la estructura de las conexiones. En efecto, la posición que ocupa una institución dentro de la red puede ser tan relevante como sus características internas, ya que determina su capacidad tanto para absorber perturbaciones como para

transmitirlas.

La teoría de redes complejas ofrece herramientas conceptuales y metodológicas particularmente adecuadas para analizar este tipo de sistemas. Como plantea Barabási (2016), las propiedades colectivas de una red no pueden deducirse simplemente a partir de las características individuales de sus componentes, sino que emergen de los patrones de interacción que se establecen entre ellos. Este enfoque permite comprender fenómenos que resultan difíciles de explicar desde perspectivas más tradicionales, como la aparición de cascadas de contagio o la formación de estructuras altamente centralizadas.

Uno de los modelos más influyentes en este ámbito es el desarrollado por Eisenberg y Noe (2001), el cual formaliza el proceso mediante el cual los incumplimientos financieros pueden propagarse a través de una red de obligaciones interbancarias. El modelo demuestra que la incapacidad de una institución para cumplir con sus compromisos no solo afecta a sus acreedores directos, sino que puede desencadenar una reacción en cadena que compromete a múltiples participantes del sistema. Este mecanismo pone de manifiesto que la estabilidad financiera depende en gran medida de la estructura de las interdependencias existentes.

Para ilustrar este proceso, puede considerarse una institución que enfrenta un desbalance entre sus activos disponibles y sus obligaciones totales. En una situación de incumplimiento parcial, los recursos disponibles se distribuyen entre los acreedores, generando pérdidas que pueden afectar la solvencia de estos últimos. Si los acreedores afectados presentan a su vez compromisos significativos con otros actores, el impacto inicial se amplifica y se propaga a lo largo de la red. La magnitud de este efecto depende no solo del tamaño de la perturbación inicial, sino también de la configuración de las conexiones entre los participantes.

Investigaciones posteriores han profundizado en estas dinámicas, destacando la existencia de umbrales críticos a partir de los cuales el sistema puede experimentar transiciones abruptas hacia estados de inestabilidad. Gai y Kapadia (2010) muestran que incluso perturbaciones relativamente pequeñas pueden desencadenar procesos de contagio generalizado si la red presenta ciertas características estructurales. En particular, identifican una tensión fundamen-

tal entre conectividad y estabilidad: mientras que una mayor densidad de conexiones puede facilitar la absorción de shocks de baja intensidad, también puede aumentar la probabilidad de propagación de crisis severas.

Este hallazgo resulta especialmente relevante porque cuestiona la idea, ampliamente aceptada en la teoría económica tradicional, de que la integración financiera contribuye de manera unívoca a la estabilidad del sistema. La evidencia sugiere que la interconexión puede actuar tanto como un mecanismo de diversificación del riesgo como un canal de transmisión de perturbaciones. En consecuencia, la relación entre conectividad y estabilidad no es lineal, sino que depende de factores como la distribución de los vínculos, la heterogeneidad de los agentes y la naturaleza de las exposiciones.

Un avance significativo en la medición del riesgo sistémico fue introducido por Battiston y colaboradores (2012) mediante el desarrollo del indicador conocido como DebtRank. Este enfoque permite evaluar la importancia sistémica de una institución considerando no solo sus características individuales, sino también su posición dentro de la red de interdependencias. A diferencia de los modelos centrados exclusivamente en eventos de incumplimiento, DebtRank captura el impacto potencial que una entidad puede tener sobre el sistema incluso en ausencia de una quiebra efectiva.

La noción de centralidad desempeña un papel fundamental en este contexto. En teoría de redes, la centralidad se refiere al grado de influencia o relevancia de un nodo dentro de la estructura global. Existen diversas métricas para cuantificar esta propiedad, entre las que destacan la centralidad de grado, que mide el número de conexiones directas; la centralidad de intermediación, que refleja la capacidad de un nodo para actuar como puente entre otros; y la centralidad de cercanía, que indica la proximidad de un nodo respecto al resto de la red. Como señala Newman (2018), estas medidas permiten identificar actores cuya posición estratégica los convierte en elementos clave para la estabilidad o la fragilidad del sistema.

La crisis financiera global de 2008 constituye un ejemplo paradigmático de estas dinámicas. La quiebra de Lehman Brothers evidenció cómo la caída de una institución altamente conectada puede generar efectos desproporciona-

dos en el sistema financiero internacional. Más allá de las pérdidas directas, el evento desencadenó una crisis de confianza que afectó el funcionamiento de múltiples mercados, poniendo de manifiesto la importancia de las redes de interdependencia en la propagación del riesgo.

No obstante, las conexiones financieras formales representan solo una parte del fenómeno. Las redes de información, expectativas y confianza desempeñan un papel igualmente relevante en la dinámica de los mercados. Tal como argumenta Kirman (2010), los comportamientos individuales están profundamente influenciados por procesos de interacción social, imitación y aprendizaje colectivo. En este sentido, el contagio puede producirse incluso en ausencia de vínculos contractuales directos, a través de la difusión de percepciones y creencias compartidas.

La creciente digitalización de los mercados financieros ha intensificado estos procesos, reduciendo significativamente los tiempos de transmisión de la información y amplificando la velocidad de reacción de los agentes. En un entorno caracterizado por la conectividad global, eventos locales pueden generar repercusiones inmediatas en otras regiones, contribuyendo a la formación de dinámicas de inestabilidad que trascienden las fronteras nacionales.

En consecuencia, el análisis de las redes financieras requiere un enfoque integral que combine dimensiones estructurales, dinámicas y conductuales. No se trata únicamente de mapear las conexiones existentes, sino de comprender cómo estas evolucionan, cómo interactúan con los comportamientos de los agentes y cómo pueden dar lugar a fenómenos emergentes. La estabilidad del sistema financiero depende cada vez más de la capacidad para identificar patrones de interdependencia, reconocer nodos críticos y anticipar posibles mecanismos de propagación.

Desde esta perspectiva, las redes financieras constituyen un caso paradigmático de sistema complejo adaptativo. Sus propiedades no son estáticas, sino que evolucionan en respuesta a cambios en el entorno, innovaciones tecnológicas y transformaciones institucionales. Las interacciones entre agentes generan dinámicas no lineales que pueden dar lugar a comportamientos colectivos inesperados, desafiando los supuestos de equilibrio que han dominado

tradicionalmente el pensamiento económico.

Este reconocimiento implica una reconfiguración profunda de la forma en que se conceptualiza el riesgo y la estabilidad financiera. Más allá de los indicadores tradicionales, resulta necesario incorporar herramientas analíticas capaces de capturar la complejidad de las interacciones y la naturaleza emergente de los fenómenos sistémicos. En este sentido, el estudio de las redes financieras no solo aporta una nueva perspectiva metodológica, sino que también contribuye a una comprensión más amplia de los mecanismos que subyacen a las crisis y a la dinámica de los mercados contemporáneos.

4. Las finanzas como sistema complejo

La interpretación de las finanzas ha estado históricamente marcada por una concepción mecanicista que buscaba explicar el comportamiento de los mercados a partir de relaciones estables, previsibles y orientadas hacia el equilibrio. Esta visión, heredera tanto de la física clásica como de la economía neoclásica, permitió la construcción de modelos analíticos de gran formalización matemática y utilidad operativa. Sin embargo, la evolución reciente de los sistemas financieros ha evidenciado limitaciones significativas en estos enfoques, particularmente cuando se enfrentan a fenómenos caracterizados por alta incertidumbre, interdependencia y cambio estructural constante.

En este contexto, las ciencias de la complejidad ofrecen un marco conceptual alternativo que permite abordar la dinámica financiera desde una perspectiva más amplia e integradora. Tal como plantea Edgar Morin, la complejidad no se refiere únicamente a la dificultad de un sistema, sino a la presencia de múltiples interacciones, retroalimentaciones y niveles de organización que producen comportamientos emergentes. Desde esta óptica, los mercados financieros deben entenderse como sistemas complejos adaptativos, es decir, estructuras en permanente evolución donde agentes heterogéneos interactúan, aprenden y se ajustan continuamente a las condiciones del entorno.

Diversos estudios han señalado que los sistemas financieros comparten propiedades fundamentales con otros sistemas complejos observados en ámbitos tan diversos como la biología, la climatología o la neurociencia. Investi-

gaciones como las de Robert May y Andrew Haldane han destacado que la estabilidad en estos sistemas no depende únicamente de la fortaleza de sus componentes individuales, sino de la estructura de las interacciones que los conectan. Esta analogía permite comprender por qué fenómenos aparentemente controlados pueden transformarse en episodios de inestabilidad sistémica.

4.1. La no linealidad como principio estructural

Uno de los rasgos definitorios de los sistemas complejos es la no linealidad. A diferencia de los sistemas lineales, donde existe proporcionalidad entre causas y efectos, los sistemas no lineales se caracterizan por respuestas desproporcionadas, discontinuidades y sensibilidad a las condiciones iniciales. Esta propiedad implica que pequeñas perturbaciones pueden desencadenar consecuencias de gran magnitud, mientras que eventos aparentemente significativos pueden ser absorbidos sin efectos relevantes.

En el ámbito financiero, esta dinámica se manifiesta de múltiples formas. Variaciones marginales en variables como tasas de interés, expectativas de inflación o percepciones de riesgo pueden generar reacciones amplificadas en los mercados. Este comportamiento recuerda el denominado efecto mariposa, formulado por Edward Lorenz, quien demostró que en sistemas dinámicos complejos pequeñas diferencias en las condiciones iniciales pueden conducir a trayectorias completamente divergentes.

Desde esta perspectiva, la volatilidad observada en los mercados financieros no debe interpretarse como una anomalía, sino como una manifestación inherente a la estructura no lineal del sistema. La incertidumbre no es simplemente el resultado de información incompleta, sino una consecuencia de la propia dinámica interna de interacción.

4.2. Emergencia y comportamiento colectivo

Otro concepto central en la teoría de la complejidad es la emergencia. Este término hace referencia a la aparición de propiedades colectivas que no pue-

den explicarse a partir del análisis individual de los componentes del sistema. En otras palabras, el todo presenta características cualitativamente distintas a la suma de sus partes.

En los mercados financieros, fenómenos como burbujas especulativas, crisis de liquidez o episodios de pánico constituyen ejemplos paradigmáticos de comportamiento emergente. Ningún agente individual controla ni diseña estos procesos, pero las interacciones entre múltiples participantes generan dinámicas colectivas que terminan configurando patrones observables a nivel agregado.

El trabajo de John Holland resulta fundamental para comprender este fenómeno, al señalar que la emergencia es una propiedad inherente a los sistemas adaptativos. Asimismo, Alan Kirman argumenta que muchos modelos económicos tradicionales fracasan porque intentan explicar comportamientos colectivos exclusivamente a partir de supuestos individuales, ignorando el papel central de las interacciones.

Desde esta óptica, variables como la volatilidad, la formación de precios o la aparición de ciclos financieros deben interpretarse como resultados emergentes de procesos de interacción, aprendizaje y adaptación continua.

4.3. Adaptación y aprendizaje continuo

A diferencia de los sistemas físicos tradicionales, los sistemas financieros están compuestos por agentes que poseen capacidad cognitiva, lo que les permite aprender, anticipar y modificar sus estrategias. Esta característica introduce un nivel adicional de complejidad, ya que el sistema evoluciona en función de las decisiones de actores que reaccionan a su entorno y a las acciones de otros participantes.

Los inversionistas ajustan constantemente sus expectativas en función de nueva información, los bancos redefinen sus estrategias de gestión de riesgo, y los reguladores introducen cambios normativos en respuesta a eventos pasados. Este proceso de adaptación continua implica que las regularidades observadas en un momento dado pueden desaparecer rápidamente cuando

los agentes modifican su comportamiento.

Como señalan J. Doyne Farmer y Duncan Foley, la existencia de aprendizaje adaptativo implica que los modelos predictivos no son neutrales: al ser utilizados por los agentes, alteran las condiciones del sistema que intentan describir. Esta retroalimentación entre teoría y comportamiento dificulta la posibilidad de alcanzar estados de equilibrio estables.

En consecuencia, los mercados financieros deben entenderse como sistemas evolutivos donde las reglas del juego se transforman continuamente en respuesta a innovaciones tecnológicas, cambios institucionales y procesos de aprendizaje colectivo.

4.4. Interconectividad y dependencia sistémica

La interconectividad constituye uno de los elementos más visibles de la complejidad financiera contemporánea. La globalización de los mercados ha dado lugar a una red densa de relaciones que vincula instituciones, economías y sistemas regulatorios a escala mundial. Esta estructura permite una rápida circulación de capital, información y expectativas, pero también incrementa la vulnerabilidad frente a perturbaciones.

El análisis de redes complejas, desarrollado por autores como Albert-László Barabási, muestra que la conectividad puede generar tanto resiliencia como fragilidad. Por un lado, facilita la diversificación y la absorción de shocks. Por otro, amplifica la capacidad de propagación de crisis.

La crisis financiera global de 2008 evidenció claramente esta dualidad. Un problema inicialmente localizado en el mercado hipotecario estadounidense se transformó en una crisis sistémica debido a la densidad de las conexiones financieras internacionales. Este episodio puso de manifiesto que la estabilidad del sistema depende en gran medida de su arquitectura relacional.

4.5. Autoorganización y dinámicas espontáneas

Los sistemas complejos presentan la capacidad de generar orden sin necesi-

dad de una autoridad central que coordine el comportamiento de sus componentes. Este fenómeno, conocido como autoorganización, ha sido ampliamente estudiado en física y química por autores como Ilya Prigogine.

En los mercados financieros, la autoorganización se manifiesta en la formación espontánea de precios, patrones de inversión y estructuras de mercado. Millones de decisiones individuales, tomadas de manera descentralizada, producen regularidades observables a nivel agregado. Sin embargo, estas estructuras no son estáticas, sino que evolucionan en función de las condiciones del entorno.

La autoorganización también implica la posibilidad de cambios abruptos. Los sistemas pueden transitar desde estados de aparente estabilidad hacia episodios de crisis sin una causa única claramente identificable, resultado de la acumulación de tensiones internas.

4.6. Robustez y fragilidad simultáneas

Una de las características más complejas de los sistemas financieros es la coexistencia de robustez y fragilidad. Esta aparente contradicción ha sido destacada en diversos estudios sobre estabilidad sistémica, particularmente en los trabajos de Andrew Haldane.

Los sistemas financieros pueden mostrar una notable capacidad para absorber perturbaciones cotidianas, manteniendo su funcionamiento incluso en presencia de múltiples fallos individuales. Sin embargo, esta misma estructura puede generar vulnerabilidades ocultas que se manifiestan ante eventos específicos. Cuando ciertos nodos críticos se ven afectados, las consecuencias pueden amplificarse rápidamente y comprometer la estabilidad del conjunto.

Esta dualidad obliga a reconsiderar las nociones tradicionales de estabilidad. Un sistema aparentemente sólido puede estar acumulando riesgos latentes que no son evidentes en condiciones normales. La identificación de estas fragilidades requiere herramientas analíticas capaces de capturar la complejidad de las interacciones y la estructura de la red.

5. Hacia una epistemología de la incertidumbre sistémica

La comprensión de las finanzas como un sistema complejo adaptativo obliga a replantear los fundamentos epistemológicos que han orientado históricamente la toma de decisiones económicas. Este giro no es simplemente metodológico, sino profundamente conceptual. Si la incertidumbre no es una anomalía transitoria ni el resultado de información incompleta, sino una propiedad inherente de los sistemas complejos, entonces el problema ya no radica en eliminarla, sino en comprender su naturaleza y operar dentro de ella.

Durante siglos, el pensamiento científico occidental se estructuró sobre el ideal de la certidumbre. Desde esta perspectiva, conocer implicaba descubrir regularidades estables que permitieran establecer relaciones causales claras entre fenómenos. Este enfoque, heredero del racionalismo cartesiano y del positivismo, suponía que el mundo podía ser explicado mediante leyes universales y que, con suficiente información, sería posible anticipar el comportamiento futuro de los sistemas.

Sin embargo, el desarrollo de las ciencias de la complejidad ha puesto en cuestión esta visión. Autores como Edgar Morin sostienen que la complejidad no debe entenderse como una simple dificultad analítica, sino como una característica constitutiva de ciertos fenómenos. En este sentido, la realidad no se organiza únicamente en términos de orden, sino que integra simultáneamente desorden, organización e incertidumbre como dimensiones inseparables (Morin, 2005).

Desde esta perspectiva, la incertidumbre deja de ser interpretada como una deficiencia del conocimiento para ser reconocida como una propiedad estructural de los sistemas dinámicos. En los mercados financieros, esta condición se vuelve particularmente evidente. No se trata de sistemas pasivos, sino de entornos compuestos por agentes que aprenden, se adaptan, modifican sus estrategias y reconfiguran continuamente sus relaciones. Como resultado, el sistema no solo cambia, sino que transforma constantemente las condiciones bajo las cuales puede ser comprendido.

Esta característica implica una ruptura con la epistemología clásica. El conocimiento ya no puede aspirar a una representación definitiva de la realidad,

sino que debe concebirse como un proceso dinámico, situado y provisional. En lugar de buscar certezas absolutas, se trata de construir interpretaciones que permitan actuar de manera efectiva en contextos de cambio permanente.

5.1. Del paradigma de la predicción al paradigma de la anticipación

Uno de los cambios más significativos derivados de esta transformación epistemológica consiste en cuestionar el papel central que ha tenido la predicción en la toma de decisiones económicas. Tradicionalmente, la planificación financiera se ha basado en la capacidad de proyectar escenarios futuros con un alto grado de precisión. Modelos econométricos, análisis estadísticos y herramientas cuantitativas han sido diseñados bajo la premisa de que el futuro puede ser estimado a partir del pasado.

No obstante, en sistemas complejos caracterizados por no linealidad, interdependencia y emergencia, esta premisa resulta limitada. Incluso con grandes volúmenes de información, el comportamiento del sistema puede desviarse significativamente de las proyecciones. Esto ocurre porque pequeñas variaciones pueden generar efectos desproporcionados, y porque las interacciones entre los agentes producen resultados que no son reducibles a la suma de sus partes.

Frente a este escenario, emerge la necesidad de sustituir el paradigma de la predicción por una lógica de anticipación. A diferencia de la predicción, que busca determinar con exactitud lo que ocurrirá, la anticipación se orienta a identificar posibles trayectorias, reconocer patrones emergentes y detectar señales tempranas de cambio.

Este enfoque no implica renunciar al análisis, sino redefinir su propósito. La cuestión central deja de ser qué ocurrirá con certeza y pasa a ser qué podría ocurrir bajo determinadas condiciones. En este sentido, la anticipación permite ampliar el campo de posibilidades y preparar respuestas flexibles frente a distintos escenarios.

La ventaja estratégica, por tanto, no depende únicamente de la precisión de

los cálculos, sino de la capacidad para interpretar dinámicas incipientes. En entornos complejos, quienes logran identificar cambios antes de que se consoliden cuentan con una mayor capacidad de adaptación. Así, la anticipación se convierte en una herramienta clave para operar en contextos donde la incertidumbre no puede ser eliminada.

5.2. Las señales débiles y la construcción de inteligencia estratégica

En sistemas complejos, los cambios estructurales rara vez se manifiestan de forma abrupta. Por el contrario, suelen emerger de manera gradual, a través de pequeñas variaciones que, en un primer momento, pueden parecer irrelevantes. Estas manifestaciones tempranas son conocidas como señales débiles.

Las señales débiles constituyen indicios iniciales de procesos en desarrollo. Su característica principal es que no son evidentes ni ampliamente reconocidas en sus primeras etapas. Sin embargo, su importancia radica en que anticipan posibles transformaciones sistémicas. Detectarlas implica prestar atención a desviaciones, anomalías o comportamientos que no encajan completamente dentro de los patrones dominantes.

En el ámbito financiero, estas señales pueden adoptar diversas formas. Pueden aparecer como cambios sutiles en la liquidez de ciertos mercados, modificaciones en los hábitos de inversión, variaciones en la percepción del riesgo o alteraciones en la estructura de las redes de financiamiento. De manera aislada, cada una de estas manifestaciones puede parecer poco significativa. No obstante, cuando se analizan en conjunto, pueden revelar tendencias emergentes.

La construcción de inteligencia estratégica consiste precisamente en desarrollar la capacidad de identificar, interpretar y conectar estas señales dentro de un marco más amplio. Este proceso no se limita a la acumulación de datos, sino que implica la elaboración de esquemas interpretativos que permitan comprender las relaciones entre distintos fenómenos.

En este sentido, la inteligencia estratégica es inseparable de la capacidad de

pensar en términos sistémicos. Reconocer una señal débil no depende únicamente de su visibilidad, sino del contexto en el que se inserta y de la red de relaciones que la rodea. Por ello, su interpretación requiere integrar información dispersa y construir sentido a partir de patrones complejos.

5.3. Conocimiento relacional y pensamiento en red

Una de las contribuciones más relevantes de la teoría de redes al pensamiento contemporáneo ha sido el desplazamiento del enfoque centrado en entidades aisladas hacia una perspectiva basada en relaciones. En el campo financiero, este cambio resulta especialmente significativo.

Tradicionalmente, el análisis económico se ha centrado en variables individuales, tales como activos, tasas de interés, balances o niveles de endeudamiento. Aunque estos elementos siguen siendo fundamentales, resultan insuficientes para comprender sistemas altamente interconectados.

El enfoque relacional propone una transformación en la forma de plantear el conocimiento. En lugar de preguntarse únicamente por las características de un actor, se interesa por comprender cómo se relaciona con otros y qué posición ocupa dentro de la estructura global del sistema.

Desde esta perspectiva, la relevancia de una institución financiera no depende exclusivamente de su tamaño o de sus recursos, sino de su ubicación dentro de la red. Un actor puede ser crítico no por su volumen, sino por su capacidad de conectar distintos segmentos del sistema o de transmitir perturbaciones.

El pensamiento en red permite, además, identificar nodos estratégicos, puntos de vulnerabilidad y mecanismos de contagio. Estos elementos suelen permanecer ocultos en enfoques reduccionistas, pero se vuelven visibles cuando se analizan las interacciones.

Asimismo, esta perspectiva facilita la comprensión de fenómenos emergentes. Las propiedades del sistema no pueden explicarse únicamente a partir de sus componentes, sino que surgen de las relaciones entre ellos. En consecuencia, el conocimiento se construye a partir de patrones de interacción más que de atributos individuales.

5.4. Adaptación estratégica en contextos de complejidad

Si la incertidumbre es una condición estructural de los sistemas financieros, entonces la capacidad clave ya no es el control, sino la adaptación. Durante mucho tiempo, la gestión financiera se orientó a reducir el riesgo mediante mecanismos de planificación, regulación y supervisión. Si bien estas herramientas continúan siendo necesarias, no son suficientes para enfrentar entornos dinámicos.

La adaptación estratégica implica desarrollar organizaciones capaces de aprender, responder y transformarse frente a cambios inesperados. En este sentido, los sistemas adaptativos complejos, como plantea John Holland, no sobreviven porque eliminen la incertidumbre, sino porque evolucionan junto con ella (Holland, 1998).

En los mercados contemporáneos, esta capacidad adquiere una importancia creciente. La globalización financiera, la digitalización y la velocidad de circulación de la información han incrementado la interconectividad y, con ella, la posibilidad de propagación de perturbaciones. Un evento localizado puede generar efectos sistémicos en cuestión de horas.

Frente a este escenario, la resiliencia no depende únicamente de la estabilidad estructural, sino de la flexibilidad operativa. Las organizaciones deben ser capaces de reinterpretar rápidamente su entorno y ajustar sus estrategias en función de nuevas condiciones.

Esto implica un cambio profundo en la gestión del riesgo. En lugar de intentar prever todos los escenarios posibles, se trata de diseñar sistemas capaces de responder eficazmente cuando las condiciones cambian. La incertidumbre no puede ser eliminada, pero sí puede ser gestionada mediante la adaptación.

6. Discusión

Los desarrollos teóricos y analíticos presentados a lo largo de este trabajo permiten identificar una transformación profunda en la forma de comprender la dinámica de los sistemas financieros contemporáneos. Esta transformación

no es meramente instrumental, sino que implica un cambio en los supuestos ontológicos y epistemológicos que han guiado históricamente la teoría económica y la práctica financiera. Mientras los enfoques tradicionales se apoyaban en nociones de racionalidad perfecta, equilibrio estable y capacidad de predicción, la evidencia acumulada en las últimas décadas muestra que los mercados operan en condiciones caracterizadas por la incertidumbre estructural, la interdependencia creciente y la emergencia de comportamientos colectivos que no pueden reducirse a decisiones individuales.

En este sentido, los planteamientos de Andrew Haldane y Robert May ofrecen un punto de inflexión relevante. Su análisis sobre la arquitectura de las redes financieras demuestra que estos sistemas comparten propiedades fundamentales con otros sistemas complejos presentes en la naturaleza, tales como ecosistemas o redes biológicas. Esta analogía no es simplemente descriptiva, sino que tiene implicaciones analíticas profundas. Permite comprender que muchas de las vulnerabilidades sistémicas no emergen de fallas individuales, sino de la forma en que los actores se encuentran interconectados. De este modo, la estabilidad deja de ser una propiedad atribuible a entidades aisladas y pasa a depender de la configuración estructural del sistema en su conjunto (Haldane y May, 2011).

Esta idea se ve reforzada por los modelos desarrollados por Eisenberg y Noe, así como por los trabajos posteriores de Gai y Kapadia y de Battiston y sus colaboradores. En conjunto, estas investigaciones evidencian que el riesgo sistémico es esencialmente relacional. Las crisis financieras no deben entenderse únicamente como el resultado del colapso de instituciones específicas, sino como procesos de propagación que se desarrollan a través de redes de interdependencia. La posibilidad de contagio no depende exclusivamente de la magnitud de un shock inicial, sino de la topología de la red, de la concentración de conexiones y de la existencia de nodos altamente interconectados que pueden amplificar perturbaciones (Eisenberg y Noe, 2001; Gai y Kapadia, 2010; Battiston et al., 2012).

Desde esta perspectiva, se hace evidente una limitación fundamental de los enfoques tradicionales de gestión del riesgo. Al centrarse en la evaluación individual de instituciones, estos modelos tienden a subestimar los efectos

sistémicos derivados de la interconexión. La crisis financiera global de 2008 puso de manifiesto esta debilidad, mostrando que instituciones consideradas sólidas podían convertirse en fuentes de inestabilidad cuando se encontraban insertas en redes altamente interdependientes.

En el plano epistemológico, estos resultados convergen con las reflexiones de Edgar Morin, quien plantea la necesidad de superar el pensamiento reduccionista para abordar fenómenos complejos. La incertidumbre, en este marco, no puede ser tratada como una variable residual ni como un problema que deba resolverse mediante la mejora de los modelos predictivos. Por el contrario, constituye una dimensión constitutiva de sistemas caracterizados por no linealidad, retroalimentación y capacidad adaptativa (Morin, 2005).

Esta reconceptualización tiene implicaciones directas para la toma de decisiones financieras. Los aportes de la literatura sobre anticipación estratégica resultan particularmente relevantes en este punto. La gestión de la incertidumbre ya no puede basarse exclusivamente en la proyección de escenarios futuros, sino que requiere desarrollar capacidades para identificar señales incipientes, interpretar dinámicas emergentes y construir respuestas flexibles frente a contextos cambiantes. La información, por sí sola, deja de ser una ventaja suficiente. Lo decisivo pasa a ser la capacidad de otorgarle sentido dentro de entornos complejos.

En este contexto, emerge una tensión central entre dos lógicas de acción. Por un lado, la lógica del control, que ha dominado históricamente la práctica financiera y que busca reducir la incertidumbre mediante regulación, supervisión y modelamiento. Por otro, la lógica de la adaptación, que reconoce la imposibilidad de eliminar completamente la incertidumbre y se orienta a desarrollar capacidades de respuesta frente a lo inesperado. Esta tensión no implica una sustitución total de un enfoque por otro, sino la necesidad de reequilibrar las prioridades.

La creciente complejidad de los sistemas financieros globales sugiere que los mecanismos de control, aunque necesarios, son insuficientes por sí solos. Ningún modelo puede anticipar todas las contingencias posibles, ni ninguna regulación puede cubrir la totalidad de las interacciones que se generan en

sistemas altamente dinámicos. En consecuencia, la resiliencia organizacional depende cada vez más de la capacidad para aprender en tiempo real, ajustar estrategias y responder de manera flexible ante perturbaciones.

Otro aspecto relevante que emerge de la discusión es la necesidad de integrar distintos niveles de análisis. La comprensión de los mercados financieros no puede limitarse al estudio de variables macroeconómicas ni al comportamiento individual de los agentes. Es necesario incorporar una perspectiva meso, centrada en las redes de interacción, donde se configuran muchos de los procesos que determinan la dinámica sistémica. Este nivel intermedio permite articular las decisiones individuales con los resultados colectivos, ofreciendo una visión más completa del funcionamiento del sistema.

Asimismo, la discusión pone de manifiesto la importancia de adoptar un enfoque interdisciplinario. Las herramientas provenientes de la teoría de redes, la física de sistemas complejos y la biología han demostrado ser útiles para comprender fenómenos financieros que escapan a los marcos tradicionales. Esta convergencia disciplinaria no implica abandonar la economía, sino enriquecerla mediante la incorporación de nuevas perspectivas analíticas.

En conjunto, estos elementos permiten consolidar una visión de las finanzas como un sistema complejo adaptativo. Bajo este enfoque, los mercados no son entidades estáticas orientadas al equilibrio, sino sistemas dinámicos en constante evolución. Su comportamiento no puede explicarse únicamente a partir de reglas predefinidas, sino que emerge de la interacción continua entre múltiples actores que aprenden, se adaptan y transforman el entorno en el que operan.

7. Conclusión

La principal limitación de las finanzas contemporáneas no radica en la falta de sofisticación de sus modelos, sino en la persistencia de una concepción del conocimiento que continúa orientada hacia la búsqueda de certeza en un contexto caracterizado por la incertidumbre estructural. Esta tensión entre expectativa de control y realidad compleja constituye uno de los desafíos centrales del pensamiento económico actual.

La complejidad revela que los mercados financieros no pueden ser entendidos como sistemas mecánicos orientados al equilibrio, ni como estructuras completamente predecibles bajo condiciones de información perfecta. Por el contrario, se configuran como redes dinámicas de interacción en las que el orden y el desorden coexisten de manera permanente. Esta coexistencia no es una anomalía, sino una condición inherente al funcionamiento del sistema.

En este marco, la incertidumbre deja de ser concebida como un problema que debe eliminarse y pasa a ser entendida como una dimensión ontológica de la realidad financiera. Reconocer esta condición implica abandonar la pretensión de predicción absoluta y aceptar que el conocimiento siempre será parcial, provisional y situado.

La transformación epistemológica que se propone no consiste en renunciar al análisis, sino en redefinir sus objetivos. Conocer ya no significa anticipar con exactitud el comportamiento del sistema, sino comprender sus patrones de interacción, identificar dinámicas emergentes y desarrollar capacidades de acción en contextos abiertos.

Desde esta perspectiva, el valor de la teoría de redes y de las ciencias de la complejidad trasciende su dimensión técnica. Su principal aporte radica en ofrecer una nueva forma de pensar la realidad financiera, una forma que reconoce la interdependencia, la no linealidad y la adaptación como características fundamentales del sistema.

En última instancia, la inteligencia estratégica no reside en eliminar la incertidumbre, sino en aprender a operar dentro de ella. La capacidad de interpretar señales, construir sentido y adaptarse a transformaciones continuas se convierte en el eje central de la toma de decisiones. En un mundo donde el futuro no puede ser completamente anticipado, la verdadera ventaja no es la predicción, sino la comprensión de lo posible.

Referencias

- Arthur, W. B. (1999). Complexity and the economy. *Science, 284*(5411), 107–109. https://doi.org/10.1126/science.284.5411.107
- Bardoscia, M., Battiston, S., Caccioli, F., & Caldarelli, G. (2017). Pathways towards instability in financial networks. *Nature Communications, 8*, 14416. https://doi.org/10.1038/ncomms14416
- Battiston, S., Gatti, D. D., Gallegati, M., Greenwald, B., & Stiglitz, J. E. (2012). Liaisons dangereuses: Increasing connectivity, risk sharing, and systemic risk. *Journal of Economic Dynamics and Control, 36*(8), 1121–1141. https://doi.org/10.1016/j.jedc.2012.04.001
- Battiston, S., Puliga, M., Kaushik, R., Tasca, P., & Caldarelli, G. (2012). DebtRank: Too central to fail? Financial networks, the FED and systemic risk. *Scientific Reports, 2*, 541. https://doi.org/10.1038/srep00541
- Brunnermeier, M. K. (2009). Deciphering the liquidity and credit crunch 2007–2008. *Journal of Economic Perspectives, 23*(1), 77–100. https://doi.org/10.1257/jep.23.1.77
- Caccioli, F., Barucca, P., & Kobayashi, T. (2018). Network models of financial systemic risk: A review. *Journal of Computational Social Science, 1*(1), 81–114. https://doi.org/10.1007/s42001-017-0008-3
- Eisenberg, L., & Noe, T. H. (2001). Systemic risk in financial systems. *Management Science, 47*(2), 236–249. https://doi.org/10.1287/mnsc.47.2.236.9835
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance, 25*(2), 383–417. https://doi.org/10.2307/2325486
- Gai, P., & Kapadia, S. (2010). Contagion in financial networks. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 466*(2120), 2401–2423. https://doi.org/10.1098/rspa.2009.0410
- Haldane, A. G., & May, R. M. (2011). Systemic risk in banking ecosystems. *Nature, 469*(7330), 351–355. https://doi.org/10.1038/nature09659

- Holland, J. H. (1998). *Emergence: From chaos to order*. Oxford: Oxford University Press.
- Kahneman, D. (2003). Maps of bounded rationality: Psychology for behavioral economics. *American Economic Review, 93*(5), 1449–1475. https://doi.org/10.1257/000282803322655392
- Malkiel, B. G. (2003). The efficient market hypothesis and its critics. *Journal of Economic Perspectives, 17*(1), 59–82. https://doi.org/10.1257/089533003321164958
- Morin, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo* (6ª ed.). Barcelona: Gedisa.
- Schweitzer, F., Fagiolo, G., Sornette, D., Vega-Redondo, F., Vespignani, A., & White, D. R. (2009). Economic networks: The new challenges. *Science, 325*(5939),

SECCIÓN

IV

SISTEMAS COMPLEJOS Y PENSAMIENTO SOCIOAMBIENTAL

LaSalle Universidad

Los textos que componen esta sección parten de una preocupación compartida: la dificultad de comprender los problemas socioambientales desde enfoques que los fragmentan o simplifican. En un contexto marcado por crisis ecológicas, transformaciones territoriales y tensiones sociales crecientes, se hace evidente que las categorías tradicionales resultan, en muchos casos, insuficientes.

Pensar lo socioambiental desde la complejidad implica reconocer que los fenómenos no se organizan en capas separadas, lo social por un lado, lo natural por otro, sino que se configuran en entramados donde las interdependencias son constantes y, a menudo, imprevisibles. Esta perspectiva no solo amplía el campo de análisis, sino que también exige revisar los supuestos desde los cuales se construye el conocimiento.

Los trabajos aquí reunidos exploran distintas formas de aproximarse a estos sistemas, poniendo en diálogo enfoques que van desde lo teórico hasta lo situado. En ese recorrido, aparece con fuerza la idea de que los problemas socioambientales no pueden abordarse únicamente desde la descripción, sino que requieren posicionamientos que reconozcan su dimensión ética, política y epistemológica.

Más que ofrecer soluciones definitivas, esta sección abre un espacio de reflexión sobre las maneras en que habitamos, intervenimos y pensamos los territorios. En ese sentido, invita a considerar que la complejidad no es solo una característica de los sistemas que estudiamos, sino también una condición que atraviesa nuestras formas de relacionarnos con el mundo.

SISTEMAS COMPLEJOS EN EL PENSAMIENTO (SOCIO-) AMBIENTAL LATINOAMERICANO

Rodrigo Severo Arce Rojas

Universidad de Ingeniería - UNI

rarcerojas@yahoo.es

rarce@uni.edu.pe

http://orcid.org/0000-0003-0007-7174

Resumen: El presente artículo trata del pensamiento (socio-) ambiental latinoamericano y los sistemas complejos. El objetivo es entender los componentes, interacciones y alcances del pensamiento (socio-) ambiental latinoamericano a partir del enfoque de los sistemas complejos. Para el efecto se desarrolló una revisión bibliográfica especializada y se complementó con las reflexiones del autor producto de su experiencia en el dictado del curso de Ecología Antropológica en una universidad peruana a lo largo de las dos últimas décadas. Se concluye que la aplicación de los sistemas complejos permite entender mejor el pensamiento (socio-) ambiental Latinoamericano pues permiten combinar una perspectiva analítica convencional con la capacidad disruptiva de las Ciencias de la Complejidad. De esta manera es posible descomponer y categorizar por un lado, y de otro lado encontrar patrones y expresiones de complejidad como las propiedades sistémicas y organizativas, retroactividad, recursividad y dialogicidad. Los sistemas complejos ayudan a entender los sistemas caórdicos así como indeterminar las epistemologías y ontologías dominantes propios del sistema capitalista neoliberal. Quedaría

pendiente la aplicación de análisis de grafos a partir de sistemas de programación multiagentes y hacer frente al tema de las ciencias sociales irregulares que no se ajustan a los patrones clásicos de la Teoría de los Sistemas Complejos.

Palabras clave: complejidad, cultura, ecología, ontología, pensamiento, sistemas,

Abstract: This article deals with Latin American (socio-) environmental thinking and complex systems. The objective is to understand the components, interactions and scope of Latin American environmental (socio-) thinking based on the complex systems approach. For this purpose, a specialized bibliographic review was developed and complemented with the author's reflections as a result of his experience in teaching the Anthropological Ecology course in a Peruvian university during the last two decades. It is concluded that the application of complex systems this makes it possible to articulate neopositivist-oriented analytical tools with an integrative and systemic perspective characteristic of Complexity Sciences. In this way it is possible to decompose and categorize on the one hand, and on the other hand to find patterns and expressions of complexity such as systemic and organizational properties, retroactivity, recursivity and dialogicity. Complex systems help us understand chaordic systems while simultaneously challenging the dominant epistemologies and ontologies that underpin the neoliberal capitalist system. The application of graph analysis from multi-agent programming systems is still pending, as well as addressing the issue of irregular social sciences that do not conform to the classical patterns of Complex Systems Theory.

Key words: complexity, culture, ecology, ontology, thinking, systems,

1. Introducción

Un sistema complejo constituye la aplicación ampliada de la Teoría General de los Sistemas de Bertanlanffy (2000) por tanto comparten elementos básicos: sistemas abiertos, complejidad organizada, autorregulación, autoorganización y jerarquía sistémica (Martínez y Esparza, 2021). Los sistemas complejos forman parte de lo que Morin denomina complejidad restringida (Luengo, 2018).

Aunque que la Teoría de los Sistemas Complejos (TSC) de Rolando García (2011) ha marcado un hito en cuanto al abordaje de este tipo de sistemas, no se puede dejar de mencionar que también ha recibido críticas. Rodríguez Zoya (2018, 80-93) menciona las siguientes: i) La ambigüedad del concepto de modelo, ii) La ambigüedad del concepto de problema y sistema complejo, iii) Problematización de la operatividad metodológica y técnica de la TSC, iv) Problematización en la formulación del marco epistémico común, v) El déficit democrático de la TSC, vi) La factibilidad político-organizacional de la TSC, entre otros. De otro, Maldonado (2020a, 146) menciona que "la regla en el mundo social es el cambio, en todas las escalas de tiempo, sin ciclos ni periodicidades", es decir debe ser posible unas ciencias sociales irregulares que sean capaces de tratar con la indeterminación, la ausencia de límites, las sorpresas, las contingencias y las excepcionalidades (Maldonado, 2021).

Ahora bien, existe relación entre los sistemas y los temas ambientales y ecológicos. Así, en el abordaje de temas (socio-) ambientales se ha usado el concepto de sistemas: ecosistemas, agrosistemas, agroecosistemas, entre otros. En el campo de las ciencias ambientales y de la sostenibilidad se ha usado el concepto de sistemas socioecológicos en el cual se puede reconocer la estructura, los subsistemas sociales (incluyendo los aspectos económicos y culturales) y los subsistemas ecológicos (aspectos biofísicos) y la dinámica no lineal que se verifica en el sistema (Aguilar, 2008; Farhad, 2012; Klier et al., 2017). Desde el concepto de metabolismo social se pueden reconocer las entradas, los procesos y salidas materiales e intangibles (simbólica, cognitiva, institucional, jurídica, entre otras) (Toledo, 2013; Rivera y Andrade, 2019). El enfoque de sistemas socioecológicos se fundamenta en la transdisciplinariedad y

el pluralismo metodológico (Kadykalo et al., 2022) incluyendo el conocimiento local. Consecuentemente por definición es un trabajo colaborativo (Cerón et al., 2019). Se ha planteado una transformación socioecológica inspirada en los bienes comunes y la diversidad biocultural basada en la convivencia simbiótica de especies y la sustentabilidad (Hernández, 2024, 629).

Es importante aclarar que lo sistémico no es equivalente a complejo. El agregado de la complejidad a los sistemas incluye un conjunto de características y de propiedades. La complejidad alude a los diversos elementos que están entrelazados, son descomponibles e irreversibles. La complejidad acepta la convivencia con la incertidumbre e incluye fenómenos como los quiebres, las fracturas, las singularidades, lo raro, las borrosidades, la aleatoriedad, los azares, las contingencias, las paradojas, entre otras. Tomando como referencia los aportes de Atlan, Carrizosa (2017, 112) anota las características de la complejidad: variedad, asimetría, heterogeneidad, específico, diferenciación, diferencia, individualidad, inesperabilidad, novedad, incertidumbre y aleatoriedad. Lo complejo está orientado a desequilibrar, indeterminar, ir más allá de lo que está establecido, institucionalizado, normalizado, protocolizado. Es por ello que la complejidad se interesa por los fenómenos de complejidad creciente.

2. Metodología

El presente artículo es de revisión y reflexión. Es descriptiva, cualitativa e interpretativa. El enfoque epistemológico es el de la complejidad. Las palabras y frases de búsqueda fueron: Buen Vivir, pensamiento ambiental, racionalidad ambiental, sistemas complejos, entre otras. Para tal efecto se realizaron búsquedas bibliográficas principalmente en ProQuest (https://www.proquest.com), Academia.edu (https://www.academia.edu), ResearchGate (https://www.researchgate.net), Redalyc (https://www.redalyc.org), SciELO (www.SciELO.org) y Google Académico (https://scholar.google.com/).

El problema que se aborda es el limitado abordaje del pensamiento ambiental desde la perspectiva de los sistemas complejos. Consecuentemente, la pregunta general de investigación es ¿De qué manera los sistemas complejos

ayudan a entender el pensamiento (socio-) ambiental Latinoamericano?

Para dar respuesta a las pregunta en primer lugar se realizó una caracterización de los sistemas complejos, en segundo lugar se revisó la relación entre los sistemas complejos y el pensamiento (socio-) ambiental y finalmente se identificaron las principales corrientes del pensamiento (socio-) ambiental Latinoamericano. Se realizaron discusiones y se extrajeron conclusiones.

Es objetivo del presente artículo entender el pensamiento (socio-) ambiental Latinoamericano a partir de la aplicación de los sistemas complejos.

3. Resultados

3.1. Caracterización de los sistemas complejos

Los sistemas complejos son difíciles de definir porque están compuestos por numerosas capas de complejidad, dinamismo, no linealidad e imprevisibilidad y presentan dependencias y relaciones entre las partes o entre un sistema dado y su entorno (Njegovanović, 2024, 95). En un sistema complejo la identidad del todo está determinado por sus partes y la identidad de las partes está determinada por el todo debido a la naturaleza de sus interrelaciones (Estrada, 2024, 1143).

Un sistema complejo puede ser entendido como un instrumento teórico-metodológico (epistemo-metodológico), un modelo, un enfoque o una estrategia para abordar y comprender los problemas socioambientales en su totalidad (Aguilar, 2008, 23; Klier et al., 2017; García, 2022). Como afirma Luengo (2018, 9), coincidiendo con Siegenfeld y Bar-Yam (2020), los "sistemas complejos constituyen una vía metodológica para abordar la complejidad organizacional del mundo físico, biológico y antroposocial." Los sistemas complejos permiten identificar los elementos, los procesos, la dinámica lineal, los comportamientos. Como sistema se incorporan los flujos de entrada como lo flujos de salida. Un sistema complejo tiene dos características básicas: el principio de la organización y el principio general de evolución (García, 2000). De esta manera se puede incorporar una perspectiva de sistemas abiertos, jerarqui-

zación (anidamiento), de relacionamiento con el entorno y una perspectiva histórica en el estudio de los problemas socioambientales.

Como sistema necesariamente constituyen una delimitación conveniente de la realidad. Como sistemas abiertos siempre se ubicarán en una estructura anidada, un sistema delimitado, al interior con subsistemas conformadas por elementos, componentes, variables, factores, hechos, unidades tangibles o intangibles en interrelación, consecuentemente se producen múltiples resultados (Gao y Bo Xu, 2021; Luengo, 2018; Contreras y Eschenhagen, 2011). Lo que queda dentro será considerado como subsistema (as). Todo que queda "fuera" del sistema delimitado constituirá el suprasistema [El entorno]. En un primer acercamiento existe mutua influencia entre el sistema y el entorno en doble direccionalidad. En un segundo acercamiento se puede afirmar que la jerarquización es artificial pues la conexión es cósmica. Para ello se requiere contar con el marco conceptual con el que se abordará el estudio y las perspectivas disciplinarias requeridas para su posterior integración interdisciplinaria (García, 2011). La gestión de los sistemas caórdicos (caos + orden) se ve favorecida por la perspectiva de sistemas complejos.

Ahora bien, los elementos dentro del sistema, que como ya se ha mencionado pueden ser tangibles o intangibles, presentan una serie de interrelaciones (interacciones, interretroacciones) en una dinámica alejada del equilibrio. Esto quiere decir que no necesariamente tienen relaciones de causalidad, en ocasiones pueden tener comportamientos singulares, impredecibles, aparecer como quiebres, fracturas, borrosidades, contingencias, paradojas, crisis, catástrofes, turbulencias, entre otros fenómenos (Luengo, 2018). Pueden presentar capacidad de autoorganización y propiedades emergentes que no son explicables por los componentes que lo conforman. Cuando los sistemas tienen la capacidad de aprender entonces se convierten en sistemas complejos adaptativos. A este fenómeno también se le conoce como panarquía (Holling et al., 2002; Castillo y Velázquez, 2015). Ello en el entendido que la vida y el conocimiento constituyen una misma cosa.

El uso de los sistemas complejos como estrategia permiten abordar la realidad de manera "volumétrica" o totalizadora, aunque siempre está presente la condición de incompletud. Está claro que es imposible conocerlo todo como

en una perspectiva holística y es por ello que se emplean modelos que se elaboran a través del reconocimiento de núcleos de significados a partir de los cuales emergen o convergen las interrelaciones. La mirada compleja permite apreciar los elementos "en movimiento" es decir percibir las interacciones directa o indirectamente por sus manifestaciones. No es una mirada plana y estática, sino que permite reconocer la flecha del tiempo (procesos, trayectorias) como múltiples posibilidades, no como soluciones únicas (Luengo, 2018). Por ello es importante tener presente la historia en sus perspectivas de la micro historia, la historia profunda y la gran historia. Por lo mismo es importante reconocer el contexto.

Ahora bien, a diferencia de la aproximación clásica de fragmentar el sujeto del objeto estudiado en el abordaje de los sistemas complejos no hay tal distinción y tú también eres parte del sistema porque tu sola presencia influye. Así como no hay diferencias entre ciencias naturales y ciencias sociales, ciencia y filosofía, ciencia y arte, arte y tecnología. Las distinciones entre vida y no vida, lo orgánico de lo inorgánico, lo biótico de lo abiótico en una especie de continuo vago. Lo que hay son diferencias de organización, cualitativas y de grado, como lo menciona Maldonado (2016a).

Los sistemas complejos precisamente permiten conocer desde las interacciones entre el orden y el caos, entendiendo caos no como el desorden si no como orden no conocido, como fenómenos impredecibles.

Siendo los sistemas complejos una estrategia pertinente es necesario no caer en la instrumentalización pue se perderían sus virtudes de ir más allá del determinismo, reduccionismo, mecanicismo y la linealidad. Lo complejo precisamente tiene que ver con el reconocimiento de la incertidumbre, las crisis, lo raro, las borrosidades, la criticalidad y los cambios de estado de fase, aun cuando no siempre sean fáciles de percibirlos.

Los sistemas complejos pueden permitir síntesis de realidades complejas. También es posible que puedan trabajarse con base a modelaciones basadas en agentes y simulaciones usando programas que permitan identificar patrones de organización.

3.2. Los sistemas complejos y el pensamiento (socio-) ambiental

Existen diferentes interacciones en el pensamiento, lo ambiental, lo sistémico y lo complejo. Por ejemplo se puede hablar de pensamiento ambiental, pensamiento complejo, pensamiento sistémico, complejidad ambiental, ambientalismo complejo, sistemas complejos o pensamiento ambiental complejo este último influenciado por los aportes de Morin (Carrizosa, 2017; Márquez, 2020); aunque están interrelacionados no significan lo mismo. El reconocimiento de la complejidad ambiental permite reconocer las interacciones entre sociedad/cultura y naturaleza desde una perspectiva sistémica, por lo tanto integral, y para ello se requieren acercamientos interdisciplinarios, interdimensionales y multicriteriales (Pengue, 2017a). La figura 1 muestra las diversas interacciones entre el pensamiento, lo sistémico, lo ambiental y lo complejo.

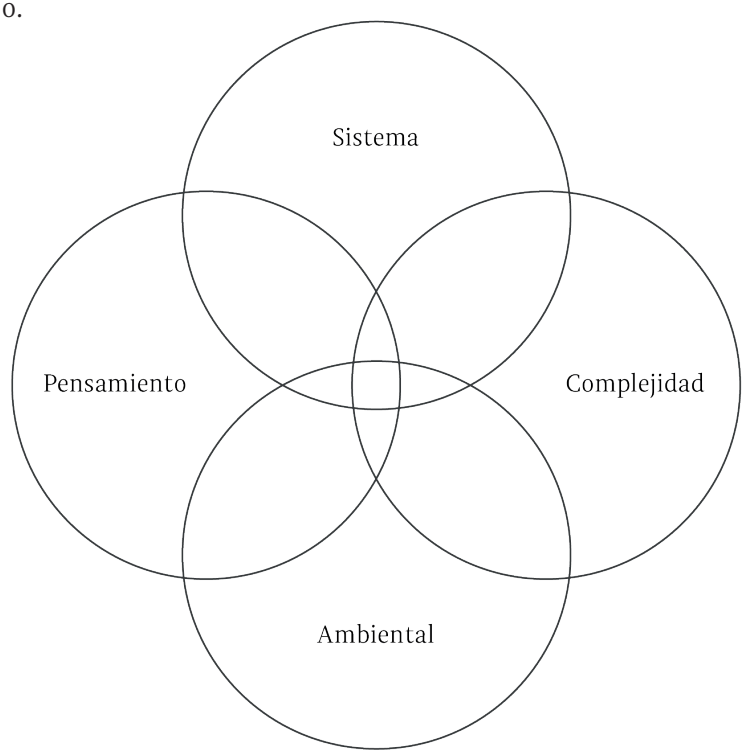


Fig. 1: Diversas interacciones entre el pensamiento, lo sistémico, lo ambiental y lo complejo.

Como se puede apreciar los sistemas socioecológicos logran hacer una convergencia entre el pensamiento cartesiano y la complejidad. Como tal tiene sus alcances y sus limitaciones.

3.2.1. Pensamiento ambiental Latinoamericano

Se puede conceptualizar al pensamiento ambiental Latinoamericano como aquella corriente de pensamiento situado, territorializado en Latinoamérica que en perspectiva histórica, interdisciplinar y compleja revisa la relación entre sociedad y naturaleza, conflictos y tensiones, la deuda ambiental y ecológica, los extractivismos y las alternativas al desarrollo (Pengue, 2017a). En tanto crítica del racionalismo, amplía el marco epistemológico con lo ético-estético-político-ontológico "donde la alteridad, el juego de identidades y las diferencias son valores fecundos en el campo de lo ambiental" (Leff 1994a, 1994b; Noguera, 2006, Giraldo et al., 2022). Por su parte Giraldo y Toro (2020, 14) hablan de una perspectiva "epistemo-estesis que es una forma de conocimiento desde la piel, el contacto y los sentidos." Consecuentemente el pensamiento ambiental no solo promueve el diálogo de saberes sino también el diálogo de sentires.

El pensamiento ambiental crítico según Agoglia et al. (2017, 7) se nutre de la ecología política, el pensamiento político verde, la sociología, la ética, la filosofía y la economía en sus vertientes ambientales/ecológicas. Para Pengue (2017b) el pensamiento ambiental recoge los aportes y las interacciones entre el pensamiento complejo, el pensamiento crítico, las disciplinas híbridas y los movimientos de resistencia ambiental. El pensamiento ambiental latinoamericano tiene un equivalente con el pensamiento ambiental del sur (Pengue, 2017a) en el que se destaca su carácter situado, original y emancipador (Leff, 2017).

El pensamiento ambiental Latinoamericano va en paralelo con la historia del pensamiento económico y la cuestión del desarrollo en América Latina proceso en el que la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha tenido un rol destacado especialmente desde los aportes de Raúl Prebisch, Osvaldo Sunkel; Nicolo Gligo; Fernando Henrique Cardoso, Celso Furtado, (Leff, 2017; Gudynas, 2024). Por ejemplo el estructuralismo latinoamericano

entendió el desarrollo desde una perspectiva global, es decir sistémica (Bernal, 2024). Aunque CEPAL ha reconocido el valor de la Economía Ecológica, el Biopluralismo, en un contexto de crisis climática, su agenda actual todavía asocia fuertemente desarrollo con crecimiento económico (Sánchez, 2019; CEPAL, 2022, 2024).

Svampa (2019, 67-69) menciona que América Latina ha sido pródiga en la generación de "conceptos-horizonte como el de Buen Vivir, Bienes Comunes, Ética del cuidado, Soberanía Alimentaria, Autonomía, Derechos de la Naturaleza y ontologías relacionales"

El pensamiento ambiental Latinoamericano no ha tenido una trayectoria lineal. En las últimas décadas los grandes cambios han sido: a) El cuestionamiento al desarrollo y la emergencia de las alternativas al desarrollo, b) La consolidación de los movimientos sociales y la reivindicación de sus derechos, especialmente los territoriales, y c) El reconocimiento de la crisis civilizatoria que incluye a la crisis ecológica (Toledo, 2017, 170).

3.2.2.Pensamiento

Pensamiento, en el marco del pensamiento (socio-) ambiental, está planteado en términos de corrientes y sistemas de pensamiento que conllevan abstracciones para abordar y conocer los temas (socio-) ambientales (Díaz, 2023, 36). Desde una perspectiva convencional el pensamiento se refiere a una propiedad emergente de carácter racional que permite analizar, describir, comprender y explicar los fenómenos del mundo. Con la incursión de perspectivas más complejas se reconoce que se piensa con todo el cuerpo, en el medio y a través de la acción (cognición corporizada) (Alessandroni et al., 2017; Restrepo, 2018).

El pensamiento (socio-) ambiental puede ser puesto de manifiesto como una idea o como un conjunto de ideas que forman un núcleo conceptual (concepto). El pensamiento, derivado en conocimiento, puede hacerse tangible como por ejemplo los *waru* (camellones) andinos que permiten cultivar en grandes altitudes con bajas temperaturas.

3.2.3. Ambiental

Como afirma Carrizosa (2017, 102) "el concepto de ambiente, como es conocido hoy, es una construcción social en la que han influido varias formas de ver la realidad naturaleza- sociedad." Tradicionalmente lo ambiental se ha referido reduccionistamente a lo biofísico. Esta posición está fuertemente institucionalizada aunque ya existen algunas evidencias del quiebre de ese concepto como por ejemplo el Programa Armonía con la Naturaleza de las Naciones Unidas que ha recibido la influencia del Constitucionalismo Andino (De Oliveira, 2017). Aquí, coincidiendo con Carrizosa, se entenderá "lo ambiental" en términos de las relaciones que se dan entre los humanos y los otros-que-humanos a los que aluden Rozzi (2018; 2019) y Álvarez et al. (2023), como tal es un concepto integrador similar a Biosfera, Gaia, Pachamama, Pachaque (Aymara) (Carrizosa, 2017). Es lo que Contreras y Eschenhagen (2011) denominan un pensamiento ambiental orgánico, o desde la perspectiva de Morton (2018) un pensamiento ecológico. También corresponde a la corriente actual en la que no hace la separación entre sociedad/cultura y naturaleza. Como afirma Maldonado (2016b, 4) el ambiente es un concepto esencialmente indeterminado pues no tiene fronteras rígidas y sólidas, y los límites entre lo biótico y lo abiótico son difusos, permeables y móviles constantemente.

Siguiendo a Noguera (2018) ambiente puede entenderse como "lo que emerge de las relaciones entre las culturas y las tramas de la vida". Es por ello que se usa la expresión (socio-) ambiental. Todavía mucha de la literatura hace referencia específica al pensamiento ambiental, aunque también se reconoce la complejidad ambiental (Ramírez, 2015; Carrizosa, 2017).

3.2.4. Pensamiento ambiental

Ampliar la mirada desde un "Pensamiento ambiental" hacia un "Pensamiento (socio-) ambiental constituye un reto gigantesco, que es el que enfrentan los sistemas complejos, es por eso que se parte del pensamiento ambiental, tal como lo ha tratado la literatura científica, y se pone énfasis en ideas clave que han tenido gran repercusión a modo de nodos conceptuales. Desde esta perspectiva el sistema complejo del pensamiento (socio-) ambiental no tiene centro o es policéntrico, que varía también en el tiempo y el espacio.

El pensamiento ambiental, desde la perspectiva antropocéntrica, estaría formando la Noosfera que es la capa de la Tierra conformada por las ideas producto de la inteligencia y el conocimiento humano. Si se amplía el campo de la inteligencia y la conciencia a todos los seres vivos entonces se estaría hablando de Biosfera. En esa perspectiva Maldonado (2016, 50) afirma que "la naturaleza piensa, y piensa más y mejor que los seres humanos" coincidiendo con Eduardo Kohn (2013). Como afirma Maldonado (2017, 18) "también los animales y las plantas piensan." Se entiende, claro está, no en la manera como lo hacen los animales y las plantas. Es importante reconocer esta gradualidad para no caer en el antropomorfismo. En sentido estricto tecnologías Latinoamericanas de cultivos como los *waru-waru*, las *chinanpas* o herramientas como la *chaquitaclla* serían expresiones tangibles de las ideas provenientes del pensamiento ambiental. Además habría que incorporar las cosmogonías de los pueblos indígenas como es el caso de la Pachamama que ha tenido gran difusión en la academia (Giraldo, 2012; Pengue, 2017a). En esa dirección, y cómo crítica a la epistemología racional, Leff (2007) habla del saber ambiental que incluye otras fuentes de conocimientos más allá de la academia.

Dourojeanni (2018) señala que en el Perú, desde la entomología, hay nombres señeros que contribuyeron al pensamiento ambiental. Ellos son: Juan E. Wille, José Lamas, Saúl Risco, Oscar Beingolea, Juan Salazar, Juan Herrera y Pedro Aguilar, entre otros. Este reconocimiento es importante porque ecólogos, como los entomólogos enunciados, han tenido un rol importante en la generación del pensamiento ambiental y en las políticas públicas ambientales, aunque no se haya hecho explícito (Leff, 2009).

3.2.5. Ámbito

Latinoamérica comprende América del norte (México), América central y América del sur. Abya Yala refiere a todo el continente americano, incluyendo a Canadá y Estados Unidos.

El ámbito del pensamiento ambiental refiere a ideas que han nacido y se han desarrollado en Latinoamérica. Pero en tanto existen interacciones con el entorno entonces también habría que considerar aquellas ideas ambientales que habiéndose originado en otras latitudes han marcado las discusiones

ambientales de América Latina. Por ejemplo se tienen los casos del concepto de desarrollo sostenible, del pensamiento complejo o de las propias Ciencias de la Complejidad, y que además han tenido un desarrollo propio en Latinoamérica.

3.2.6. Autores

El pensamiento ambiental latinoamericano si bien es cierto recibe los aportes del pensamiento indígena y de las comunidades locales (andinos y afros), de la academia sociocrítica y los movimientos sociales, también ha recibido aportes del norte global, sin perder su arista crítica. (Sejenovich et al., 2012; Pengue, 2017a).

> Según Leff (2017, 154) los representantes más destacados del pensamiento ambiental Latinoamericano son :
>
> Julio Carrizosa, Héctor Leis, Augusto Ángel Maya, José María Borrero, Víctor Toledo, Antonio Elizalde, Rayén Quiroga, Patricia Noguera, Dimas Floriani y Carlos Walter Porto Gonçalves, Walter Pengue, Maristella Svampa y Gian Carlo Delgado, Clóvis Cavalcanti, Arturo Escobar y Eduardo Gudynas, entre otros.

A la lista habría que agregar el propio Enrique Leff. La lista siempre es de carácter abierto más aún si se está planteando desde una perspectiva (socio-) ambiental. Por ejemplo habría que considerar a Carlos Maldonado que plantea que las Ciencias de la Complejidad son Ciencias de la Vida (Maldonado, 2019), acorde con la propuesta de Eschenhagen (2020) de generar un pensamiento capaz de pensar en, desde y para la vida. Como dice Leff (2014) lo que se busca no es sustentabilidad sino la vida. Es interesante mencionar que ya en 1985 (Sunkel y Leal, pág. 8) hablaban del respeto a la "base común de la vida del conjunto de todas las especies." Por ello es importante tomar en cuenta el diálogo entre el pensamiento ambiental y otras vertientes como los de Carlos Maldonado, Juan Camilo Cajigas, Cleyton Gerhart y Francisco Ther, y, por supuesto, la apuesta de María Luisa Eschenhagen (Ulloa, 2010).

Leff (2017, 154) también reconoce los aportes de autores de otras latitudes y corrientes como el pensamiento de la complejidad (Edgar Morin), la ecología

profunda (Arne Naess), el ecoanarquismo (Murray Bookchin), el ecomarxismo (James O'Connor), la economía ecológica y la ecología política (Joan Martínez Alier) entre otros.

Todos estos listados corresponden a una visión académica pero es importante reconocer los autores anónimos de los pueblos indígenas que generaron ideas (socio-) ambientales y que se han incorporado a la academia como por ejemplo el concepto de Buen Vivir o Vida Plena. Constituyen la parte no visible del sistema complejo del pensamiento (socio-) ambiental.

3.3. Principales corrientes del pensamiento (socio-) ambiental

El pensamiento (socio-) ambiental incluye tanto ideas fuerza que se han generado en América Latina como otras ideas (y conceptos) que habiendo tenido origen en otros lugares del planeta han cobrado fuerza en la discusión interna en la región.

Interrelaciones entre las corrientes de pensamiento (socio-)ambiental.

La tabla 1 muestra las principales ideas (socio-) ambientales a partir de las disciplinas.

Tabla 1: Principales ideas (socio-) ambientales a partir de las disciplinas

Disciplina	Principales ideas (socio-) ambientales
Biología	Autopoiesis, autoorganización
Ecología	Etnoecología (Etnozoología, Etnobotánica, Etnoedafología, Etnoclimatología), Ecología social, Ecología industrial, Ecología urbana, Ecología política
Economía	Economías otras, Economías alternativas, Economías para la vida, Economía popular, Economías comunitarias, Economía social y solidaria, Economía verde, Economía azul, Economía Ecológica (Huella ecológica, Huella hídrica), Bioeconomía, Economía de la liberación.
Derecho	Derechos humanos, derechos indígenas, derechos de la naturaleza, derechos bioculturales

Disciplina	Principales ideas (socio-) ambientales
Educación	Pedagogía crítica, Pedagogía de la liberación , Etnoeducación, Educación campesina.
Psicología	Psicología ambiental
Sociología	Sociología ambiental
Antropología	Antropología ambiental, interculturalidad, Etnoecología, Perspectivismo
Historia	Historia ambiental, historia de las ideas ecológicas
Filosofía	Filosofía del Sur, Filosofía de la liberación, Filosofía ecologista Filosofía de la Biología, Filosofía vegetal
Ética	Ética ambiental, Ética ecológica, Ética Biocultural
Epistemología	Epistemologías del sur
Ontología	Ontología relacional Ontología política relacional Afectividad ambiental
Teología	Ecoteología Teología de la liberación
Transdisciplinas	Agroecología, Agrobiodiversidad, Biología de la conservación, Geografía ambiental, Humanidades Ambientales, Humanidades ecológicas, Humanidades forestales, Decolonialidad, Ecología de saberes, Ecologismo popular

Fuente: Beorlegui, 2010; Álvaro, 2019; Mora y Peinado, 2021; Kothari et al., 2021; Martínez, 2023.

De la tabla 1 se pueden extraer las siguientes inferencias:

- La mayoría de las disciplinas, originalmente agrupadas en ciencias sociales y en ciencias naturales, se ha abierto al tratamiento de los temas (socio-) ambientales. Han empezado con disciplinas híbridas
- En sentido estricto las ideas (socio-) ambientales pueden haber sido originarias de Latinoamérica o de países del entorno a nivel global. Luego se han generado relaciones de recursividad a partir de bucles de intercam-

bio y enriquecimiento mutuo. Por ejemplo los conceptos de desarrollo y naturaleza se condicionan mutuamente (Loguzzo, 2011).

- El concepto de ideas es relativo porque tienen diferentes magnitudes de alcance como por ejemplo más específico como la idea de autopoiesis y en otros casos han adquirido la categoría de disciplinas híbridas.
- La orientación de las ideas puede ser variable, en algunas ocasiones tratando de transcender hacia posiciones alternativas al sistema capitalista neoliberal pero en otros casos tratando de retornar o reforzar al neoliberalismo.
- A veces es difícil ubicar una idea (socio-) ambiental en una disciplina matriz por cuanto tiene múltiples orígenes y representan la confluencia de todas en diferentes intensidades. Un ejemplo es la idea de afectividad ambiental de Giraldo y Toro (2020).

La tabla 2 muestra las principales ideas (socio-) ambientales a partir de fenómenos.

Tabla 2: Principales ideas (socio-) ambientales a partir de fenómenos.

Fenómenos	Principales ideas socio-(ambientales)
Justicia	• Justicia social, • Justicia ambiental, • Justicia climática, • Justicia ecológica, • Justicia socioecológica, • Transiciones justas, • Ecocidio, • Terricidio • Deuda ecológica

Fenómenos	Principales ideas socio-(ambientales)
Extractivismo	• Neo extractivismo, • Postextractivismo
Desarrollo	• Teoría de la modernización • Teoría estructuralista • Teoría de la dependencia • Teoría Neoclásica institucional • Modelo neoliberal de apertura a la globalización • Teoría del Desarrollo Sostenible • Teoría del decrecimiento • Teoría del crecimiento a escala humana • Desarrollo a escala humana • Teoría de las necesidades (Manfred Maxneef). • Desarrollo Humano Sostenible (PNUD) • Ecodesarrollo • Biodesarrollo • Desarrollo regenerativo • Alternativas al Desarrollo: Buen Vivir, Decrecimiento
Modernidad	• Premodernidad, • Posmodernidad, • Transmodernidad
Feminismo	• Ecofeminismo • Ética del cuidado
Soberanía	• Soberanía alimentaria

Fenómenos	Principales ideas socio-(ambientales)
Seguridad	• Seguridad humana • Seguridad ambiental, • Seguridad alimentaria, • Seguridad hídrica, • Seguridad climática
Complejidad	• Complejidad ambiental • Complejidad social
Pluriverso	• Comunalidad • Convivencialidad • Convivialismo

Fuente: Noguera, 2007; Leff, 1994a, 1994b, 2009; Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo, 2013; Corbetta et al., 2015; Cubillo et al., 2016; Iturralde, 2019; Youkana et al., 2021.

De la tabla 2 se desprenden las siguientes constataciones:

- Las ideas (socio-) ambientales pueden corresponder a diferentes dimensiones, planos, categorías, como por ejemplo: ideales, propuestas, aspiraciones, temporalidades o condiciones.
- Las ideas (socio-) ambientales pueden tener diferentes escalas espaciales o temporales
- Algunas ideas pueden estar cargados de antropocentrismo y otras pueden adoptar posiciones de biocentrismo débil o fuerte.
- Las ideas (socio-) ambientales pueden interceptarse, retroalimentarse, vincularse, ir paralelos o simplemente no estar conectadas. Por ejemplo el vínculo entre desarrollo, modernidad, capitalismo, entre otros.
- Los conceptos de desarrollo y modernidad cruzan los temas (socio-) ambientales

- Las nuevas ideas (socio-) ambientales tienen una fuerte orientación hacia alternativas al desarrollo como una crítica al pensamiento dominante del sistema capitalista neoliberal.
- El concepto de Buen Vivir tiene un carácter contenedor de muchas de las ideas (socio-ambientales) porque precisamente es una respuesta frente al sistema capitalista neoliberal.

Conjugando la tabla 1 y la tabla 2 se pueden hacer las siguientes afirmaciones:

- El pensamiento "ambiental" no se reduce a lo biofísico y necesariamente está vinculado a lo social de manera amplia. Por ello sería más pertinente de hablar de un pensamiento socioambiental.
- Efectivamente existe un pensamiento (socio-) ambiental Latinoamericano con valiosos aportes, destacan, entre otros: Los derechos de la naturaleza, el Buen Vivir con todas sus variantes Buenos Vivires, Vida Plena, Vida bonita, Vida sabrosa, entre otras que se expresan en una diversidad de idiomas indígenas y locales.
- La diversidad es un concepto clave en el pensamiento (socio-) ambiental: Biodiversidad, Sociodiversidad, Diversidad cultural, Diversidad lingüística, Diversidad Biocultural.
- El pensamiento (socio-) ambiental no es lineal y presenta tensiones y contradicciones como por ejemplo "más extractivismo" para sustentar el Buen Vivir con lo que queda vaciado de contenido. La cooptación de conceptos por la institucionalidad termina debilitando la carga emancipatoria de las ideas (socio-) ambientales. A nivel de las comunidades locales también se presentan estas tensiones como por ejemplo entre los derechos indígenas y los derechos de la naturaleza.
- Las diversas vertientes de la complejidad cruzan el pensamiento (socio-) ambiental y cada vez con mayor énfasis. Desde el pensamiento complejo es posible apreciar el principio sistémico u organizacional y el principio de recursividad que se manifiesta en bucles de retroalimentación.

La tabla 3 muestra la frecuencia de menciones en Google de conceptos clave

del pensamiento (socio-) ambiental en Latinoamérica solo para tener una idea del grado de acogida.

Tabla 3: Frecuencia de menciones en Google de conceptos clave del pensamiento (socio-) ambiental en Latinoamérica

Concepto/idea	Número de menciones en Google
Derechos de la naturaleza	7´120,000
Teoría de la dependencia	3´230,000
Agroecologías del sur	2´150,000
Colonialidad del poder	856,000
Buen Vivir	237,000
Complejidad ambiental	167,000
Pachamama	153,000
Waru waru (camellones)	122,00
Racionalidad ambiental	91,600
Sentipensamiento	84,100
Afectividad ambiental	74,200
Chinampas	66,500
Ética biocultural	65,100
Terricidio	18,300

Fuente: Google. Consultado el 22 de diciembre de 2024.

4. Discusiones

De un lado, no existe un pensamiento ambiental restringido solo a lo biofísico como se entiende tradicionalmente "lo ambiental", todo "lo ambiental" necesariamente abarca, en distintos grados, dimensiones sociales, culturales, económicas, institucionales, legales, entre otras. De igual manera hablar de dimensiones solo es un artificio para facilitar el análisis desde las pers-

pectivas disciplinarias. Entonces lo que se podría apreciar es que hay una interdimensionalidad o un tejido de elementos interrelacionados en distintas intensidades y sentidos. Es por ello que es más pertinente de hablar de pensamiento (socio-) ambiental. En este artículo se usa preferentemente lo socioambiental pero en ocasiones se habla de pensamiento ambiental porque es la forma en la que la literatura lo ha tratado aunque el propio proceso de reflexión y práctica lo ha llevado hacia los enfoques socioecológicos.

En las interacciones entre pensamiento (socio-)ambiental latinoamericano y el entorno se encuentran una serie de teorías, escuelas y redes, conceptos, doctrinas y figuras que tratan las problemáticas internacionales y mundiales desde el pensamiento latinoamericano en extenso (Devés et al., 2024).

Aquí hay una paradoja pues aunque se hable de pensamiento ambiental los principales aportes vienen generalmente desde otras disciplinas, disciplinas híbridas o transdisciplinas. Entonces, aunque temas que convencionalmente se tratan en la Biología y la Ecología son tratados en el pensamiento ambiental diríase que constituyen el sustrato sobre el cual descansan todos los demás aportes que vienen de otras disciplinas de las Ciencias sociales y las humanidades. Esto no implica desconocer los aportes de biólogos y ecólogos a la formulación de políticas públicas ambientales. Ahora bien, para el propio proceso reflexivo del pensamiento (socio-) ambiental esto no es extraño porque precisamente se reconoce el acople entre los subsistemas sociales y los subsistemas ecológicos. De ahí que el pensamiento (socio-) ambiental es más proclive a la interdisciplinariedad, transdisciplinariedad e incluso la indisciplinariedad.

Tradicionalmente las llamadas Ciencias Naturales, herederas del pensamiento cartesiano, positivista y neopositivista han sido menos permeables a la apertura. De otro lado, las llamadas Ciencias Sociales, incluyendo las Humanidades y el Arte, han tenido mayor apertura hacia análisis más integrales. En gran medida porque los aportes se anidan en el pensamiento sociocrítico que proviene de la academia y de los movimientos sociales entre los que se encuentran las organizaciones populares, las organizaciones indígenas, los feminismos, los movimientos religiosos respetuosos de la naturaleza y de los bosques, entre otros. Un fenómeno interesante es que las propias Humani-

dades ambientales/ecológicas, que no se han originado en América Latina pero que tienen embriones importantes de desarrollo, han reconocido la importancia de su contribución para hacer frente a la crisis civilizatoria, y en especial a la crisis ambiental/ecológica.

La unidad básica del pensamiento (socio-) ambiental está conformado por las ideas (o conceptos) que pueden ser de diferente tipo según su alcance, su función, su orientación, su materialidad u origen. Por su alcance pueden ser: puntales, transversales (lineales o anidadas) y contenedoras. Por su función pueden ser descriptivas, normativas, aspiracionales (transformacionales), de denuncia, de propuesta, de resistencia. Por su orientación pueden ser políticas, epistémicas, ontológicas, éticas, estéticas. Por su materialidad pueden ser tangibles (tecnologías) e intangibles. Por su origen pueden ser ideas Latinoamericanas, ideas importadas, ideas exportadas.

Por ejemplo son ideas materiales las tecnologías como el *waru waru*, las amunas, las *chaquitacllas*, las chinanpas y son ideas intangibles las espiritualidades o deidades como la *yacumama* o *Chullachaqui* amazónicos o el *muki* andino. Estas expresiones de la espiritualidad andina son muy importantes como medios de regular la relación con la naturaleza. Aquí pueden ingresar muchos mitos que no deben ser reducidos a creencias sino que necesitan ser reconocidos como saberes otros de gran significancia para una relación equilibrada entre seres humanos y otros-que-humanos.

El pensamiento (socio-) ambiental Latinoamericano es un complejo de ideas que influyen sobre el entorno y son influidas por el entorno. Consecuentemente al interior del sistema (socio-) ambiental se puede verificar procesos de retroacción, retroactividad, dialogicidad en una dinámica no lineal alejada del equilibrio, correspondiente al pensamiento complejo (Pena-Vega, 2024). La figura 2 muestra una clasificación de las ideas (socio-) ambientales.

Ideas contenedoras son por ejemplo el Buen Vivir (Buenos Vivires, Buenos Convivires) o los Derechos de la Naturaleza y que además comparten muchos aspectos comunes. Los conceptos contenedores funcionan como *hubs* al interior de un sistema y que forman mallas de sentidos. Según Côrtes y Moreira (2024) América Latina aporta con ideas novedosas y propias.

Colonialidad del poder generada inicialmente por Aníbal Quijano es una idea que ha ganado presencia internacional. El concepto de autoorganización propuesto inicialmente por Inmanuel Kant ha sido acogido en el pensamiento complejo y Ciencias de la Complejidad con expectante desarrollo en América Latina. El concepto de autopoiesis, inicialmente generada por Humberto Maturana y Francisco Varela también ha sido acogido con gran beneplácito por la epistemología de la complejidad. Se puede verificar una dialogicidad entre los conceptos de autoorganización y de autopoiesis.

El concepto de ontología relacional generado por el francés Jean-Luc Nancy ha tenido un desarrollo significativo a partir de la obra del colombiano Arturo Escobar y que tiene otros desarrollos como el concepto de ontología política relacional (Blaser y Rodríguez, 2022). El concepto de pensamiento complejo apadrinado por el francés Edgar Morin también ha tenido un campo fértil en América Latina especialmente en el campo de la educación. Un fenómeno interesante es el caso de Latinoamericanos que desarrollan pensamiento (socio-) ambiental en Norteamérica pero que su fundamental en una estrecha relación con sus países originales como son los casos de Arturo Escobar (Colombiano), Mario Blaser (Argentino), Marisol de la Cadena (Peruana), entre otros. Con ello se puede verificar la estrecha interrelación e influencia mutua entre el sistema y el entorno.

Conceptos que forman constelaciones de sentidos los encontramos en la Pedagogía de la liberación (Paulo Freire), Teología de la liberación (varios Latinoamericanos y españoles entre los que destacan Leonardo Boff y Gustavo Gutiérrez) y la Filosofía de la liberación (Enrique Dussel). Otra constelación está conformada por Epistemologías del sur (Enrique Dussel, Boaventura de Sousa Santos), Pensamiento ambiental del sur (Héctor Alimonda, Clóvis Cavalcanti, entre otros)

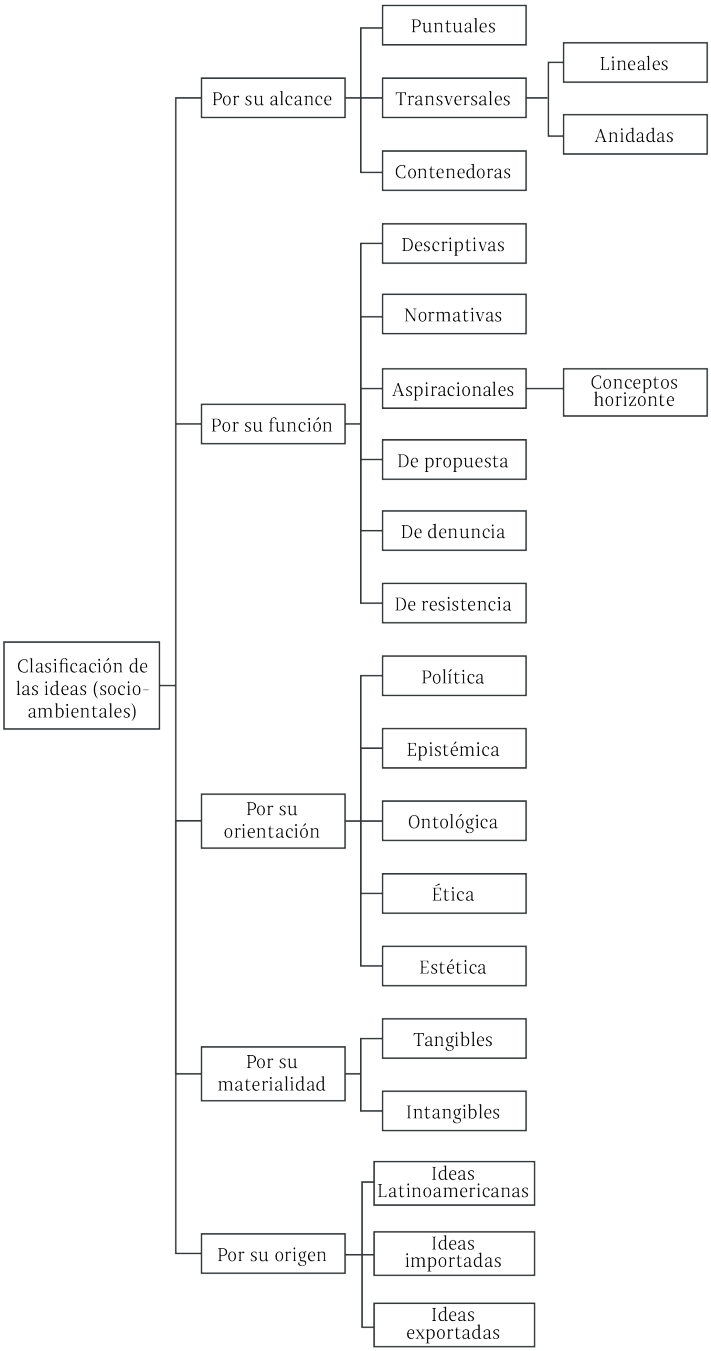


Fig. 2: Clasificación de las ideas (socio-) ambientales.

El concepto extractivismo no tiene un autor específico pero es producto de la confluencia del giro a la izquierda latinoamericana, el boom de los *commodities* y la expansión de la frontera extractiva con la consiguiente conflictividad socioambiental (Forrero, 2023, 183). Lo mismo pasa con el concepto de neoextractivismo reconocido como un modelo socio-político territorial (Acosta, 2012) y con el postextractivismo (Gudynas y Alayza, 2012).

Como sistema complejo en el pensamiento (socio-) ambiental interesa la historia y el contexto. El pensamiento (socio-) ambiental propio tiene varios fundamentos: a) La riqueza en cuanto a sociodiversidad con sus correspondientes variaciones en cuanto a la diversidad de ontologías y saberes, b) La vena de resistencia contra los efectos del colonialismo y mercantilismo, c) la emergencia de alternativas distintas a las occidentales como el Buen Vivir y los Derechos a la naturaleza. Una propiedad emergente en el pensamiento (socio-) ambiental sería el reconocimiento del valor intrínseco de la vida que se sustenta en la riqueza de las ontologías relacionales.

El pensamiento (socio-) ambiental actual se encuentra en un contexto de crisis civilizatoria y en específico de crisis (socio-) ambiental. Es un momento en la historia en la que se asiste a la decadencia de occidente y la emergencia de una nueva civilización (Maldonado, 2020b, 2023). No es un proceso lineal porque de un lado el sistema capitalista está en crisis pero de otro lado hay un fuerte proceso de neoliberalización por la demostrada capacidad de resiliencia que tiene el capitalismo. Es un contexto difícil en que asistimos de persistencia de la pobreza, el incremento de la violencia, el ataque sistemático a la Amazonía, al exterminio de la biodiversidad, a la exacerbación del extractivismo como condición de crecimiento económico, la institucionalización y normalización de la corrupción, al asalto cínico a la democracia, el asesinato de defensores ambientales, a la criminalización de la protesta, entre otros aspectos (Gudynas, 2024). Pero también al incremento de las resistencias, los gobiernos autonómicos territoriales, la expansión de los derechos de la naturaleza, el florecimiento de la ecopoética, entre otros aspectos más esperanzadores.

Ahora bien, es necesario discutir el efecto de las contribuciones del pensamiento (socio-) ambiental Latinoamericano. La figura 3 es un primer acerca-

miento para representar las actitudes que se producen frente al espíritu de acomodo y de transformación y entre el optimismo y pesimismo.



Fig. 3: Actitudes que se producen frente al espíritu de acomodo y de transformación y entre el optimismo y pesimismo.

Aunque el pensamiento (socio-) ambiental Latinoamericano tiene una vena crítica el conjunto de posibilidades es mucho mayor. La figura 3 trata de graficar cartesianamente estas actitudes. El eje horizontal se mueve entre el recurso fácil del acomodo y el reto de contribuir a la transformación con orientación de sostenibilidad. El eje vertical representa las escalas actitudinales del optimismo y el pesimismo. Cuando se cruza el optimismo con la transformación la actitud se inscribe en la posibilidad de regenerar y transformar mediante la proactividad. Cuando se cruza la transformación con el pesimismo la actitud es de indignarse, criticar y resistir aunque con pocas esperanzas. Cuando se cruza el acomodo con el pesimismo se asume el recurso de dejar hacer y dejar pasar. Cuando se cruza el acomodo con el optimismo la actitud es de pensar que vendrán tiempos mejores pero mientras tanto lo mejor es aprovechar.

Es el cuadrante conformado por el optimismo y la transformación el que da lugar para magnificar la contribución del pensamiento (socio-) ambiental al planeta, en el que además de la necesaria vena crítica que debe tener habría que añadirle la busca de sentido, el amor por la libertad y la belleza, el lugar en el que se contribuya a vivir mejor con el despliegue de las emociones que

reverdezcan las esperanzas (Maldonado, 2024). Frente a la indiferencia o el acomodo, es importante la resistencia y la denuncia pero también es importante contribuir con alternativas innovadoras para una genuina sustentabilidad , es ahí donde la confluencia de la ciencia, filosofía, humanidades, las artes, la poesía, la ficción, la imaginación, la fantasía, la intuición tienen importantes roles que cumplir (Tavares-dos-Santos, 2024). En tal sentido los aportes de las humanidades ambientales/ecológicas y forestales son importantes a visualizar.

5. Conclusiones

Se concluye que la aplicación de los sistemas complejos permite entender mejor el pensamiento (socio-) ambiental Latinoamericano. Los sistemas complejos permiten combinar una perspectiva neopositivista de análisis con la capacidad de síntesis de las Ciencias de la Complejidad. De esta manera es posible descomponer y categorizar por un lado, y de otro lado encontrar patrones y expresiones de complejidad como las propiedades sistémicas y organizativas, retroactividad, recursividad y dialogicidad. Los sistemas complejos ayudan a entender los sistemas caórdicos y, asimismo, a indeterminar las epistemologías y ontologías dominantes propios del sistema capitalista neoliberal. Quedaría pendiente la aplicación de análisis de grafos a partir de sistemas de programación multiagentes y hacer frente al tema de las ciencias sociales irregulares que no se ajustan a los patrones clásicos de la Teoría de los Sistemas Complejos.

Referencias

- Acosta, A. (2012): Extractivismo y neoextractivismo: Dos caras de la misma maldición. En Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo. *Más allá del desarrollo* (pp. 83-120). Abya Yala. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://rio20.net/wp-content/uploads/2012/07/mas-alla-del-desarrollo_30.pdf

- Agoglia, O., Romero, V., Moreno, E., Tarabelli, M.F. y Sales, L. (2017). *El pensamiento ambiental crítico como corriente teórica explicativa y respuesta alternativa a la crisis ambiental. Los aportes de la sociología ambiental.* XXXI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. Asociación Latinoamericana de Sociología, Montevideo. https://cdsa.aacademica.org/000-018/391.pdf

- Aguilar de la Peña, J.M. (2008). Pobreza y marginación en la Mixteca poblana: un análisis desde el enfoque de sistemas complejos. En B. Ortiz y G. Berhmann (Coord.), *Sistemas complejos, medio ambiente y desarrollo* (pp. 19-60). Universidad Iberoamericana Puebla. https://www.researchgate.net/publication/379754289_LIBRO_SISTEMAS_COMPLEJOS_MEDIO_AMBIENTE_Y_DESARROLLO_1

- Alessandroni, N., Shifres, F. y Balmaceda, T. (2017). Teoría de la cognición corporeizada y teoría clásica de la cognición. En N. Alessandroni y M.I. Burcet (Eds.), *La experiencia musical: abordajes desde la investigación, la interpretación y las prácticas educativas.* Libro de resúmenes del 13.º Encuentro de Ciencias Cognitivas de la Música (pp. 9-11). Buenos Aires: SACCoM. https://www.aacademica.org/favio.shifres/479

- Álvarez, R., Araos, F., Núñez, D., Skewes, J.C., Rozzi, R. y Riquelme, W. (2023). Otros-que-humanos: tensiones ontológicas en la implementación de la ley Lafkenche. *CUHSO*, 33(1), 1-27. https://www.researchgate.net/publication/371324786_Otros-que-humanos_tensiones_ontologicas_en_la_implementacion_de_la_ley_Lafkenche

- Álvaro, D. (2019). Apuntes sobre la ontología relacional de Jean-Luc Nancy. *Revista Castalia*, 32, 35-49. https://www.academia.edu/40128602/

Apuntes_sobre_la_ontolog%C3%ADa_relacional_de_Jean_Luc_Nancy

- Bertalanffy, L. von (2000). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones.* Fondo de Cultura Económica. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/Teoria-General-de-los-Sistemas.pdf
- Beorlegui, C. (2010). *Historia del pensamiento filosófico latinoamericano. Una búsqueda incesante de la identidad.* Universidad de Deusto. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://enriquedussel.com/txt/Textos_200_Obras/Filosofia_religion/Historia_pensamiento-Carlos_Boerlegui.pdf
- Bernal, R. (2024). Estructuralismo Latinoamericano. En E. Devés, S. Álvarez y C. Domínguez, C. (Eds.). *Problemáticas internacionales y mundiales desde el pensamiento latinoamericano* (pp. 44-50). CLACSO & Ariadna Ediciones. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/6459/645967673002.pdf
- Blaser, M. y Rodríguez, M. E. (2022). Desde la racionalidad cosmopolita a la ontología política y la cosmopolítica. RUNA, Archivo para las Ciencias del Hombre, 43(3), 545-558. https://doi.org/10.34096/runa.v43i3.10285
- Carrizosa, J. (2017). Ambientalismo complejo en América Latina. En B. Aguilar ... [et al.]. *El pensamiento ambiental del sur : complejidad, recursos y ecología política latinoamericana* (pp. 99-142). Universidad Nacional de General Sarmiento. https://www.researchgate.net/publication/321148706_EL_PENSAMIENTO_AMBIENTAL_DEL_SUR_Complejidad_recursos_y_ecologia_politica_latinoamericana
- Castillo, L. y Velázquez, D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socio-ecológicos y resiliencia. Quivera, 17(2), 11-32. https://www.redalyc.org/journal/401/40143424002/html/
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2024). *Estudio Económico de América Latina y el Caribe.* CEPAL. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c838477c-57cb-4450-947b-

387c86d4e801/content

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022). *Hacia la transformación del modelo de desarrollo en América Latina y el Caribe: producción, inclusión y sostenibilidad. Síntesis.* CEPAL. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/1d8ba8c8-a604-4d4f-acef-3fa5d7090069/content

- Contreras, J. y Eschenhagen M.L. (2011) Aportes epistemológicos para un pensamiento ambiental orgánico. *Revista Pensar. Epistemología y Ciencias Sociales*, 6, 151-165. https://www.revistapensar.org/index.php/pensar/article/viewFile/75/pdf

- Corbetta, S., Franco, D., Blanco, P., Martínez, A.K. y Ruiz, F.J. (2015). *Pensamiento ambiental latinoamericano (PAL). Sistematización del corpus teórico-metodológico, reconstrucción histórica y perspectivas.* https://www.researchgate.net/publication/320739678_Pensamiento_Ambiental_Latinoamericano_PAL_Sistematizacion_del_corpus_teorico-metodologico_reconstruccion_historica_y_perspectivas

- Côrtes, C.N. y Moreira, F. (2024). América Latina: diversidad, descolonización y diálogos de saberes. En / J. Tasat ... [et al.] *Pensar América : pensadores latinoamericanos en diálogo* (pp. 161-176). CLACSO & UNTREF. https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/251662/1/Pensar-America.pdf

- Cubillo, A.P., Hidalgo, A.L. y García, S. (2016). El Buen Vivir como alternativa al desarrollo para América Latina. *Iberoamerican Journal of Development Studies*, 5(2), 30-57. https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/13473/El_buen_vivir.pdf?sequence=2

- De Oliveira, G. (2017). Del desarrollo sostenible a la armonía con la naturaleza: La influencia del nuevo constitucionalismo latino americano sobre el programa de las Naciones Unidas Armonía con la Naturaleza (HWN UN). Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC. 37 (2), 396-404. https://www.academia.edu/69330932/Del_Desarrollo_Sostenible_a_La_Armon%C3%ADa_Con_La_Naturaleza

- Devés, E., Alvarez, S. y Domínguez, C. (Eds.). (2024). *Problemáticas internacionales y mundiales desde el pensamiento latinoamericano.* CLACSO & Ariadna Ediciones.
- Díaz, V. (2023). Corrientes de pensamientos tradicionales y emergentes de la investigación académica. *Revista de Investigación, Formación y Desarrollo,* 11(1), 35-41. DOI: https://doi.org/10.34070
- Dourojeanni, M. (21 de octubre, 2018). *Hay muchas formas de ser ambientalista.* [Publicación de estado]. Facebook.
- Eschenhagen, M.L. (2020). Reflexiones y observaciones sobre un ejercicio valioso e indispensable. En Complejidad en lo ambiental. *Avances y retos en la educación superior: hacia un estado del arte en la región* (pp. 13-19). Fondo Editorial de la Universidad de Manizales, Universidad de Caldas, Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad del Quindío, Universidad del Tolima, Corpocaldas. URI: https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/6212
- Estrada, E. (2024). What is a Complex System, After All?. *Foundations of Science*, 29, 1143–1170 https://doi.org/10.1007/s10699-023-09917-w
- Farhad, S. (2012), *Los sistemas socio-ecológicos. Una aproximación conceptual y metodológica*, XIII Jornadas de Economía Crítica (pp. 265-280). https://www.researchgate.net/publication/304115271_Los_sistemas_socio-ecologicos_Una_aproximacion_conceptual_y_metodologica
- Forrero, J.E. (2023). Extractivismo: contexto histórico, fuentes analíticas y desafíos conceptuales. Letras Verdes - Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales, 34, 180-200. https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes. http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/lverdes/n34/1390-6631-lverdes-34-00180.pdf
- Gao, J. y Xu, B. (2021). Complex Systems, Emergence, and Multiscale Analysis: A Tutorial and Brief Survey. *Appl. Sci.*, 11, 1-62. https://doi.org/10.3390/app11125736
- García, R. (2000). Conceptos básicos para el estudio de sistemas com-

plejos. En E. Leff (coord.) *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo.* Siglo xxi Editores.

- García, R. (2011). Interdisciplinariedad y sistemas complejos. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 1 (1), 66-101. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/ art_revistas/pr.4828/pr.4828.pdf

- Giraldo, O.F. (2012). El discurso moderno frente al "pachamamismo": La metáfora de la naturaleza como recurso y el de la Tierra como madre. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 11 (33), 219-233. https://www.scielo.cl/pdf/polis/v11n33/art10.pdf

- Giraldo, O. F. y Toro. I. (2020). *Afectividad ambiental: sensibilidad, empatía, estéticas del habitar Chetumal.* El Colegio de la Frontera Sur : Universidad Veracruzana. https://www.academia.edu/44464663/Afectividad_Ambiental

- Giraldo, O. F. [et. al.]. (2022). *Conflictos entre mundos. Negación de la alteridad, diferencia radical, ontología política.* ECOSUR, INAH, ENAH. https://www.researchgate.net/publication/360194245_Conflictos_entre_mundos_Negacion_de_la_alteridad_diferencia_radical_ontologia_politica

- Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo (2013). *Alternativas al Capitalismo/Colonialismo del Siglo XXI.* Ediciones Abya Yala. https://www.redge.org.pe/sites/default/files/Alternativas%20al%20capitalismo_0.pdf?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR39q6dsJhl-HgsGLhUq2muLFaFl4Yy6hXvoGwt5fWvbTEHr6M42s_583EK8_aem_p29g2El2__QKtl3iuTaA-g

- Gudynas, E. y Alayza, A. (2012). Postextractivismo: transiciones hacia las alternativas al desarrollo. En N. Velardi y M. Zeisser (Eds.). *Desarrollo territorial y extractivismo. Luchas y alternativas en la región Andina* (pp. 213-224). Centro Bartolomé de las Casas, CooperAcción y GRET.

- Gudynas, E. (2024). El problema del desarrollo: contrapuntos entre el desarrollo global de hoy y el debate latinoamericano de ayer. En C. Benalcázar (Coord). Retos de la Sostenibilidad. Estrategias para enfrentar el futuro (pp. 43-62). Patricio Carpio FUHEM. https://www.researchgate.

net/publication/387471029_El_problema_del_desarrollo_contrapuntos_entre_el_desarrollo_global_de_hoy_y_el_debate_latinoamericano_de_ayer

- Cerón, V.A., Fernández, G., Figueroa, A. y Restrepo, I. (2019). El enfoque de sistemas socioecológicos en las ciencias ambientales. Investigación & desarrollo, 27(2), 85-109. https://www.academia.edu/90619160/El_Enfoque_de_Sistemas_Socioecol%C3%B3gicos_en_las_Ciencias_Ambientales

- Hernández, J. (2024). Trayectoria ciudadana desde el Movimiento Sociocultural a la Ecología y Cambio Climático. En J.V. Tavares dos Santos (Ed.). *Sociología crítica cosmopolita : trayectorias, diálogos y figuraciones* (pp. 619-640). CLACSO. https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/251591/1/Sociologia-cosmopolita.pdf

- Holling, B., Gunderson, L. and Peterson, G. (2002). Sustainability and Panarchies. P. En L.H. Gunderson and C.S. Holling (eds.), *Panarchy: Understan ding Transformations in Human and Natural Systems* (pp. 63-102). Island Press. https://www.researchgate.net/publication/235891127_Sustainability_and_panarchies

- Iturralde, C. (2019). Los paradigmas del desarrollo y su evolución: Del enfoque económico al multidisciplinario. *Retos. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 9(17), 7-23. https://www.redalyc.org/journal/5045/504558496001/html/

- Kadykalo, A.N., Beaudoin, C., Hackenburg, D.M., Young, N. y Cooke, S.J. (2022). Enfoques de sistemas socioecológicos, esenciales para comprender y responder a los impactos complejos de COVID-19 en las personas y el medio ambiente. *Magna Scientia UCEVA,* 2(2), 211-223. https://doi.org/10.54502/msuceva.v 2n2a7

- Klier, G., Busan, T. y Di Pasquo, F. (2017). Lo complejo en las problemáticas ambientales: propuestas epistemológicas y conservación de la biodiversidad. Ludus Vitalis, XXV (48), 91-115. https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/2846/1/Lo%20complejo%20en%20las%20problem%C3%A1ticas%20ambientales%20propuestas%20epistemol%-

C3%B3gicas%20y%20conservaci%C3%B3n%20de%20la%20biodiversidad.pdf

- Kohn, E., (2013). *How Forests Think. Toward an Anthropology beyond the Human.* University of California Press.
- Kothari, A., Salleh, A., Escobar, A., Demaria, F. y Acosta, A. (Coords.) (2019). Pluriverso un diccionario del posdesarrollo Icaria Antrazyt. https://www.academia.edu/40430758/_Pluriverso_Un_diccionario_del_posdesarrollo_Icaria_Editorial_2019_Coordinado_por_Ashish_Kothari_Ariel_Salleh_Federico_Demaria_Arturo_Escobar_y_Alberto_Acosta_ESPA%C3%91OL
- Leff, E. (Coord). (1994a) *Ciencias sociales y formación ambiental.* Gedisa.
- Leff, E. (1994b) *Sociología y Ambiente: formación socioeconómica, racionalidad ambiental y transformaciones del conocimiento.* En Ciencias sociales y formación ambiental (pp. 17-84). Gedisa. https://www.researchgate.net/publication/330565787_SOCIOLOGIA_Y_AMBIENTE_Formacion_Socio-economica_Racionalidad_Ambiental_y_Transformaciones_del_Conocimiento_in_Leff_Enrique_CIENCIAS_SOCIALES_Y_FORMACION_AMBIENTAL
- Leff, E. (2009). *Pensamiento Ambiental Latinoamericano: Patrimonio de un Saber para la Sustentabilidad.* VI Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental, San Clemente de Tuyú, Argentina, 19 de septiembre de 2009. https://www.academia.edu/6184560/Pensamiento_Ambiental_Latinoamericano_Patrimonio_de_un_Saber_para_la_Sustentabilidad_La_Cuna_y_los_Primeros_Pasos
- Leff, E. (2014). *La apuesta por la vida. Imaginación sociológica e imaginarios sociales en los territorios ambientales del Sur.* Siglo XXI. https://www.academia.edu/84967786/Enrique_Leff_La_apuesta_por_la_vida_Imaginaci%C3%B3n_sociol%C3%B3gica_e_imaginarios_sociales_en_los_territorios_ambientales_del_sur_2014
- Leff, E. (2017). Pensamiento ambiental latinoamericano: patrimonio de

un saber para la sustentabilidad. En B. Aguilar ... [et al.]. *El pensamiento ambiental del sur : complejidad, recursos y ecología política latinoamericana* (pp. 143-162). Universidad Nacional de General Sarmiento. https://www.researchgate.net/publication/321148706_EL_PENSAMIENTO_AMBIENTAL_DEL_SUR_Complejidad_recursos_y_ecologia_politica_latinoamericana

- Loguzzo, A. (2011). *La Naturaleza en el pensamiento crítico latinoamericano*. IX Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires. https://cdsa.aacademica.org/000-034/78.pdf

- Luengo, E. (2018). Las vertientes de la complejidad : pensamiento sistémico, ciencias de la complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas. Iteso. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/cip-iteso/20200713053001/pdf_1795.pdf

- Maldonado, C. E. (2016a). Hacia una antropología de la vida: elementos para una comprensión de la complejidad de los sistemas vivos. *Boletín de Antropología*, 31(52), 285–301. https://doi.org/10.17533/udea.boan.v31n52a18

- Maldonado, C.E. (2016b). La naturaleza y en el entorno en el pensamiento. *Revista Latinoamericana de Ensayo*, XIX, 1-5. https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Maldonado-13/publication/299868554_La_naturaleza_y_el_entorno_del_pensamiento/links/57068afb08aea3d280211783/La-naturaleza-y-el-entorno-del-pensamiento.pdf

- Maldonado, C.E. (2017). *Lógicas no clásicas*. Universidad El Bosque, Facultad de Ciencias. https://www.academia.edu/37223608/Pensar_logicas_no_clasicas_pdf

- Maldonado, C.E. (2019). Las Ciencias de la Complejidad son Ciencias de la Vida. En M. Villegas, L. Caballero., E. Vizcaya (Ed.) *Biocomplejidad: facetas y tendencias* (pp. 259-279). CopIt-arXives. https://www.academia.edu/41371054/Las_ciencias_de_la_complejidad_son_ciencias_de_la_vida

- Maldonado, C.E. (2020a). Ciencias sociales irregulares. Cinta moebio, 68,

146-155 https://doi.org/10.4067/S0717-554X2020000200146

- Maldonado, C.E. (2020b). Occidente, la civilización que nació enferma. Ediciones desde abajo. https://www.researchgate.net/publication/344906724_Occidente_la_civilizacion_que_nacio_enferma
- Maldonado, C.E. 2021. Epistemología de la imposibilidad o ciencia de la indeterminación. *Cinta de Moebio*, 70, 44-54 https://doi.org/10.4067/S0717-554X2021000100044
- Maldonado, C.E. (2023). Indicios de la emergencia de una nueva civilización. Colombia Ediciones desde abajo. https://www.academia.edu/109035632/Indicios_de_la_Emergencia_de_una_Nueva_Civiliza-ci%C3%B3n
- Maldonado, C.E. (2024). Una defensa fuerte de las humanidades. Utopía y Praxis Latinoamericana. *Revista Internacional de Filosofía y Teoría Social,* 29(105), 1-15. https://www.academia.edu/116995686/Una_defensa_fuerte_de_las_humanidades
- Márquez, M. (2020). *Pensamiento Ambiental Complejo.* Universidad Bicentenaria de Aragua. http://www.minec.gob.ve/wp-content/uploads/2024/08/Pensamiento%20Ambiental%20Complejo.pdf
- Martínez, E. y Esparza, L.G. (2021). Teorías de sistemas complejos: marco epistémico para abordar la complejidad socioambiental. *Intersticios Sociales El Colegio de Jalisco,* 21, 373-398. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-49642021000100373&script=sci_abstract
- Martínez, L. (2023). Aportes del pensamiento latinoamericano en la descolonización del saber. *Revista de Filosofía Aurora,* 35. DOI: http://doi.org/10.1590/2965-1557.035.e202330153.
- Mora, A. y Peinado, G. (2021). Las ideas sobre el desarrollo en la historia del pensamiento ambientalista latinoamericano. *HALAC – Historia Ambiental, Latinoamericana y Caribeña*, 11(1), 253-275. http://halacsolcha.org/index.php/halac • https://doi.org/10.32991/2237-2717.2021v11i1.p253-275
- Morton, T. (2018). *El pensamiento ecológico.* Paidós. https://www.academia.

edu/51148554/El_pensamiento_ecol%C3%B3gico_Timothy_Morton

- Njegovanović, A. (2024). Complex Systems in Interdisciplinary. *Interaction. Financial Markets, Institutions and Risks,* 8(1), 94-107. http://doi.org/10.61093/fmir.8(1).94-107.2024
- Noguera, A.P. (2006). *Pensamiento ambiental complejo y gestión del riesgo: una propuesta epistémico-ético-estética.* Universidad Nacional de Colombia sede Manizales Instituto de Estudios Ambientales IDEA . https://idea.manizales.unal.edu.co/sitios/gestion_riesgos/descargas/gestion/Propuestaepistemico.pdf
- Noguera, P. (2007). Complejidad ambiental: propuestas éticas emergentes del pensamiento ambiental latinoamericano. *Revista UNAL,* 10 (4), 5-30. https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/1156/1969
- Noguera, P. (2018). Tierra-calco / tierra-rizoma. Desafíos simbólico-bióticos de la era planetaria. En P. Noguera Ed.), *Pensamiento ambiental en la era planetaria. Biopoder, bioética y biodiversidad.* Universidad Na cional de Colombia, https://koha.indo.edu.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=253361
- Pena, A. (2024). Complejidades de una policrisis global. En J.V. Tavares dos Santos (Ed.). *Sociologia critica cosmopolita : trayectorias, dialogos y figuraciones* (pp. 811-840). CLACSO. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.clacso.org/wp-content/uploads/2024/12/Sociologia-cosmopolita.pdf
- Pengue, W.A. (2017a). Hacia el pensamiento ambiental del Sur. Recursos naturales, desarrollo y reflexiones sobre una región estratégica. En B. Aguilar ... [et al.]. *El pensamiento ambiental del sur : complejidad, recursos y ecología política latinoamericana* (pp. 11-62). Universidad Nacional de General Sarmiento. https://www.researchgate.net/publication/321148706_EL_PENSAMIENTO_AMBIENTAL_DEL_SUR_Complejidad_recursos_y_ecologia_politica_latinoamericana
- Pengue, W.A. (2017b). Recursos naturales, metabolismo social y desarrollo en América Latina Walter Alberto Pengue En B. Aguilar ... [et al.].

El pensamiento ambiental del sur : complejidad, recursos y ecología política latinoamericana (pp. 63-98). Universidad Nacional de General Sarmiento. https://www.researchgate.net/publication/321148706_EL_PENSAMIENTO_AMBIENTAL_DEL_SUR_Complejidad_recursos_y_ecologia_politica_latinoamericana

- Ramírez, L.A. (2015). *Sostenibilidad o pensamiento ambiental.* II Congreso UPC Sostenible. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/8210/59_Luz_Arabany.pdf
- Restrepo, J. (2018). Cognición corporeizada, situada y extendida: una revisión sistemática. *Revista Katharsis*, 26, 106-130. http://revistas.iue.edu.co/index.php/katharsis
- Rodríguez Zoya, L. (2018). Contribución a la crítica de la teoría de los sistemas complejos: bases para un programa de investigación. estudios sociológicos. XXXVI (106), 73-98. DOI: 10.24201/es.2018v36n106.1530
- Rozzi, R. (2018). Biocultural Homogenization: a wicked problem in the Anthropocene. En R. Rozzi, R.H. May, F.S. Chapin, F. Massardo, M. Gavin, I. Klaver, A. Pauchard, A. M.A. Núñez y D. Simberloff (Eds) *From Biocultural Homogenization to Biocultural Conservation* (pp. 21-47). Ecology and Ethics book series, 3. Springer. https://www.researchgate.net/publication/331190787_Biocultural_Homogenization_A_Wicked_Problem_in_the_Anthropocene
- Rozzi, R. (2019). Áreas Protegidas y Ética Biocultural. En C. Cerda, E. Silva y C. Briceño (Eds.). *Naturaleza en sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad* (pp.25-74), Ocho Libros. https://www.academia.edu/43004363/%C3%81REAS_PROTEGIDAS_Y_%C3%89TICA_BIOCULTURAL
- Rivera, R. y Andrade, J.A. (2019). *Reflexiones sobre investigación integrativa. Una perspectiva inter y transdisciplinar.* Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, Grupo GIDPAD, Grupo Kavilando.org, REDIPAZ, CLACSO. https://www.academia.edu/44429336/La_complejidad_L%C3%ADmites_y_desaf%C3%ADos_en_la_investigaci%C3%B3n_contempor%C3%A1nea

- Sánchez, J. (coord.), 2019. *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL,* Libros de la CEPAL, 158. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e43ad745-6b7d-48e4-a016-b753fdd3b659/content

- Sejenovich, H., Slutzky, B. y Cabrera, S. (2012). *Rescatando la historia perdida. El pensamiento ambiental latinoamericano a la luz de las contradicciones actuales del desarrollo.* ENGOV Editorial. https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/engov/20131216123606/RescatandoLaHistoriaPerdida.pdf

- Sunkel, O. y J. Leal (1985). Economía y medio ambiente en la perspectiva del desarrollo. El Trimestre Económico, 52(205), 3-35. URL: https://www.jstor.org/stable/23396577

- Svampa, M. (2019). América del sur. En A. Kothari, A. Salleh, A. Escobar, F. Demaria y A. Acosta (Coords.) *Pluriverso un diccionario del posdesarrollo* (pp.67-70). Icaria Antrazyt. https://www.academia.edu/40430758/_Pluriverso_Un_diccionario_del_posdesarrollo_Icaria_Editorial_2019_Coordinado_por_Ashish_Kothari_Ariel_Salleh_Federico_Demaria_Arturo_Escobar_y_Alberto_Acosta_ESPA%C3%91OL

- Tavares-dos-Santos, J.V. (2024). La sociologia critica cosmopolita. Una introducción. En J.V. Tavares dos Santos (Ed.). *Sociologia critica cosmopolita : trayectorias, dialogos y figuraciones* (13-64). CLACSO. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/251591/1/Sociologia-cosmopolita.pdf

- Toledo, V. (2013). El paradigma biocultural: crisis ecológica, modernidad y culturas tradicionales. *Sociedad y ambiente*, (1), 50-60. https://doi.org/10.31840/sya.v0i1.2

- Toledo, V. (2017). ¡Latinoamérica hierve! Ecología política, crisis de civilización y poder social. En B. Aguilar ... [et al.]. El pensamiento ambiental del sur : complejidad, recursos y ecología política latinoamericana (pp. 163-182). Universidad Nacional de General Sarmiento. https://www.researchgate.net/publication/321148706_EL_PENSAMIENTO_AMBIEN-

TAL_DEL_SUR_Complejidad_recursos_y_ecologia_politica_latinoamericana

- Ulloa, A. (2011). Reseña del libro: Aportes ambientales desde América Latina. Para la apertura de las ciencias sociales de María Luisa Eschenhagen. *Nómadas*, 34, 271-273, https://nomadas.ucentral.edu.co/nomadas/pdf/nomadas_34/ResenalibroAportesambientalesdesdeAmericaLatina.pdf

- Youkanaa, E., Rojas, R., Avilés, D.L., Mora, A. y Santander, J.P. (2021). Pensamiento Ambiental, Críticas al Desarrollo y Propuestas en Construcción para la Cooperación Sur-Sur-Norte. *Gestión y Ambiente*, 24(1), 11-38. DOI: https://doi.org/10.15446/ga.v24nsupl1.92944

SECCIÓN

V

DERECHO, SOCIEDAD Y COMPLEJIDAD

LaSalle Universidad

Los textos reunidos en esta sección abordan un campo particularmente desafiante: el de las relaciones entre derecho y sociedad en contextos atravesados por la complejidad. Lejos de concebir lo jurídico como un sistema cerrado o autosuficiente, las contribuciones aquí presentadas lo sitúan en interacción constante con dinámicas sociales, políticas y culturales que desbordan sus marcos tradicionales.

Pensar el derecho desde la complejidad implica reconocer que las normas no operan en el vacío, sino en entramados donde intervienen múltiples actores, intereses y niveles de decisión. En este sentido, las tensiones entre estabilidad normativa y cambio social aparecen como un eje central, revelando tanto las posibilidades como los límites del derecho para responder a escenarios inciertos.

Los trabajos que componen esta sección exploran diversas aproximaciones a estos problemas, poniendo en evidencia la necesidad de enfoques que integren dimensiones jurídicas con perspectivas provenientes de otras disciplinas. En ese cruce, el derecho deja de ser únicamente un instrumento de regulación para convertirse también en un espacio de disputa, interpretación y construcción colectiva.

Más que ofrecer respuestas concluyentes, esta sección invita a problematizar el lugar del derecho en sociedades complejas, abriendo interrogantes sobre su capacidad de adaptación, su legitimidad y su papel en la configuración de futuros posibles.

DERECHO Y CORRUPCIÓN: EMERGENCIA Y CONSOLIDACIÓN DE NORMATIVIDADES COMPLEMENTARIAS EN LOS SISTEMAS JURÍDICOS CONTEMPORÁNEOS

Jorge Benítez Hurtado

Profesor de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas

Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL)

jabenitezxx@utpl.edu.ec

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5706-3489

Resumen: El derecho positivo ha sido tradicionalmente concebido como un sistema normativo cerrado y coherente, sin embargo, en su operatividad emergen normatividades complementarias que coexisten con el derecho formal e incluso pueden contradecirlo, un caso específico al respecto es la corrupción. Este capítulo analiza la emergencia y consolidación de las normatividades complementarias, destacando su relación con la corrupción, fenómeno que con una lógica y ética del mal erosiona la eficacia de la ley. Se argumenta que el derecho no es un sistema monolítico, sino un espacio en el que convergen normas formales e informales, generando tensiones y reconfiguraciones normativas que afectan su legitimidad y función reguladora. Ante la emergencia de normatividades complementarias la sociedad civil juega un rol protagónico en la contención de la corrupción a través de la acción penal colectiva y la ecología del vínculo social.

Palabras clave: Derecho, corrupción, sistemas jurídicos, sistemas complejos, sociedad civil, ecología del vínculo social.

Abstract: Positive law has traditionally been conceived as a closed and coherent normative system; however, complementary normativities emerge in its operation that coexist with formal law and may even contradict it, a specific case in this regard is corruption. This chapter analyzes the emergence and consolidation of complementary normativities, highlighting their relationship with corruption, a phenomenon that with a logic and ethics of evil erodes the effectiveness of the law. It is argued that law is not a monolithic system, but a space in which formal and informal norms converge, generating tensions and normative reconfigurations that affect its legitimacy and regulatory function. In the face of the emergence of complementary normativities, civil society plays a leading role in the containment of corruption through collective criminal action and the ecology of social bond.

Key words: Law, corruption, legal systems, complex systems, civil society, ecology of social bond.

1. Introducción

El derecho positivo, en su concepción tradicional, se presenta como "un sistema de normas que regulan el comportamiento humano" (Kelsen, 1982). Sin embargo, en la práctica jurídica emergen normatividades complementarias (Cáceres, 2023) que actúan al margen de la legalidad y, en ciertos casos, llegan a configurar estructuras normativas paralelas. La corrupción, denotada como «el uso del poder público para obtener beneficios privados» es uno de los ejemplos conspicuos de estas normatividades emergentes, pues opera con lógicas propias que desafían y, a la vez, conviven con el derecho formal. Mientras que el derecho opera con una lógica deóntica y con reglas constitutivas que generan en la realidad hechos institucionales que sirven para contener la corrupción; en cambio, la corrupción hace caso omiso de las normas formales mediante la intervención de terceros que llevan a compartir recursos vinculados a proteger intereses particulares a través del poder discrecional e infor-

mación privilegiada (Machado & Santos, 2024). De esta forma la corrupción se manifiesta subrepticiamente mediante una lógica y ética del mal, que se organiza a través de redes de reciprocidad, cooperación, libertad y lealtades informales que sobrepasan los programas regulativos de reacción que tiene el derecho, produciendo de esta forma una dispraxis institucional (Cáceres, 2012).

Este capítulo examina el surgimiento y consolidación de las normatividades complementarias dentro del sistema jurídico, así como el papel de los operadores jurídicos en su estabilización o disrupción. Desde un enfoque sistémico, se explora la interacción entre normas formales e informales dentro del ordenamiento jurídico y su impacto en la legitimidad institucional. Ante la emergencia de normatividades complementarias la sociedad civil juega un rol importante en la contención de la corrupción a través de la acción penal colectiva y la ecología del vínculo social.

2. El derecho como sistema normativo limitado para contener la corrupción

El neoinstitucionalismo jurídico (MacCormick & Weinberger, 1986), sostiene que el derecho es un hecho institucional que depende de la voluntad de las convenciones o de reglas constitutivas diseñadas por el hombre. Las instituciones tienen por base un núcleo fundamental de información práctica (normas, objetos y preferencias) y conforman el ser de la norma jurídica funcional para los fines relevantes como la protección de los derechos humanos, los derechos fundamentales y la distribución de los bienes, inevitablemente insuficientes para satisfacer completamente las demandas de los asociados (Faralli, 2007).

Para que los hechos institucionales sean funcionales se requiere de una ingeniería de la administración, es decir, el neoinstitucionalismo jurídico se sirve de la administración pública y ésta de aquél para cumplir con sus fines que básicamente son manejar y controlar los asuntos económicos y logísticos de las instituciones jerarquizadas que asumen la función de gobierno. En este sentido, el neoinstitucionalismo jurídico y la administración pública (par-

ticularmente el derecho administrativo) pasan a tener un rol principal en la sociedad que es básicamente de control y regulación. La administración pública ha incurrido así en un reduccionismo ingenuo dado que para su existencia depende del institucionalismo y neoinstitucionalismo; según (C. Maldonado, 2018) el neoinstitucionalismo sostiene que las instituciones pueden manejar las preferencias y acciones de los individuos y los cambios sociales sólo pueden tener lugar como cambios institucionales (p, 69).

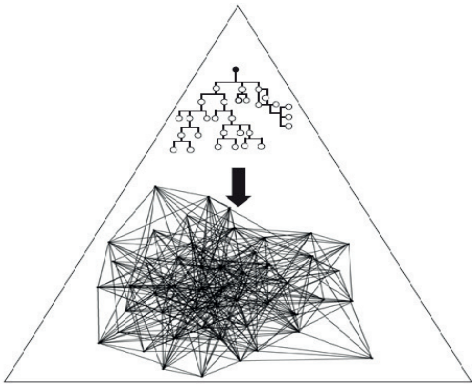
Las instituciones son creadas por el derecho, a través de reglas constitutivas, a fin de solucionar todos los problemas de acción colectiva, entre ellos la corrupción; sin embargo las reglas constitutivas y los hechos institucionales creados para el efecto, como son la regulación por vía de tabuización de ciertas acciones, por persecución oblicua (*pretextual prosecution*) y regulación por vía de indeterminación (Wilenmann von Bernath, 2020), son insuficientes frente a la complejidad de la corrupción (Sakuntala et al., 2024). Los límites que presenta el carácter constitutivo e institucional del derecho hacen que emerjan dinámicas en el sistema que no corresponden al estado de cosas deseado debido a procesos autoorganizativos dentro de las instituciones (Cáceres, 2012). Los procesos autoorganizativos permiten comprender, a su vez, la emergencia de normatividades complementarias que interactúan subrepticiamente con la estructura jurídica establecida (Cáceres, 2023).

En el ámbito judicial, la estructura jurídica establecida para contener la corrupción opera en múltiples niveles y es ahí donde permea la corrupción: desde la interpretación individual de los operadores jurídicos (jueces, abogados, fiscales...), hasta la interacción de instituciones y redes normativas.

De acuerdo con (Cáceres, 2023), la interpretación de las normas por parte de los operadores jurídicos o funcionarios con poder de adjudicación se basa en modelos mentales que incluyen: enunciados normativos contenidos en leyes y jurisprudencia; diversas teorías jurídicas (tanto dogmáticas como filosóficas); teorías implícitas de carácter subjetivo; creencias morales; valores sociales y sentido común. Más abajo veremos cómo las normatividades complementarias influyen dentro de los modelos mentales de los operadores y funcionarios públicos logrando institucionalizarse la corrupción a través de la administración.

Por su parte, la interacción de instituciones se da, de forma general, a través de la administración pública que involucra a los funcionarios en modo amplio, es decir a todos aquellos servidores que tienen una relación estatutaria, contractual o política con el Estado y que, en términos generales, desempeñan una función pública y se refieren a sí mismos como trabajadores o administradores públicos (Güemes, 2019). El cumplimiento del rol estatutario o contractual permite que se cree una ingeniería de procesos administrativa rígida, cerrada, jerarquizada, inflexible, no adaptativa, susceptible a la influencia de normatividades complementarias. A esta ingeniería de procesos se la puede representar muy bien a través de una topología de árbol:

Figura 1. Regímenes políticos imponiendo orden por medio de control jerárquico sobre los Sistemas Sociales Humanos



Fuente**:** (Mezza-García & Maldonado, 2015)

La administración pública está diseñada como un sistema simple que opera de arriba hacia abajo (top down), susceptible de ser cooptada o permeada por normatividades complementarias que influyen de abajo hacia arriba (bottom up). El funcionalismo rígido, vertical y burocrático de las instituciones no cumple con su finalidad de servicio a la sociedad civil, por lo que esta no confía en la administración pública. Así, la administración en lugar de permitir la libertad y la vida de las gentes tiende más bien a matar o, lo que es peor, dejar que las gentes se mueran, imponiéndose de esta forma la necropolítica (Estévez, 2018). Además, el sistema simple de administración pública no pue-

de contener un sistema complementario complejo como lo es la corrupción, porque mientras la primera busca controlar, coercionar, normalizar, parametrizar, medir, homogenizar, entre otros aspectos; en cambio la corrupción se caracteriza por ser impredecible, no lineal, libre, autoorganizativa, incierta, en una palabra, es un evento raro (C. E. Maldonado, 2016). La administración pública ni siquiera ha podido hacer posible, de suyo, las características de los sistemas complejos.

En cuanto a las redes normativas, estas conforman un subsistema autopoiético dentro del sistema social comprensivo que es la sociedad. Para Luhmann "la fuente de la validez del Derecho es el sistema del Derecho mismo" (Luhmann, 2005). El subsistema jurídico tiene como función reducir la contingencia y la complejidad social (Douglas Price, 2014), sin embargo, este reduccionismo no le ha permitido al derecho combatir la corrupción dado que el subsistema jurídico es autónomo y actúa con un código específico Derecho/no Derecho (Faralli, 2007), lo que permitió en principio distinguir las acciones lícitas de las ilícitas, luego no pudo afrontar las normatividades paralelas que permean el derecho y que por lo general no salen a la luz como actos ilícitos, sino como actos complementarios travestidos de legalidad.

Es así que la estructura jurídica multinivel y dinámica del derecho permitió solamente la adaptación del ordenamiento jurídico a ciertos cambios sociales requeridos, pero no pudo adaptarse a los diferentes procesos de autoorganización de la estructura normativa que también da espacio a la emergencia de normatividades complementarias como la corrupción.

3. La corrupción como normatividad complementaria

Más que una simple desviación de la norma, la corrupción es un sistema normativo complementario (Cáceres, 2023), paralelo y complejo (Camelo-Rincón, 2023), por lo tanto, establece su propio subsistema con una lógica operativa basada en redes de interdependencia y reciprocidad. En ciertos contextos, estos subsistemas (normas informales) son más influyentes que el derecho positivo (normas formales), e incluso pueden llegar a determinar el funcionamiento real de las instituciones. En este sentido la corrupción se

autoorganiza dentro de los procesos institucionales, es decir, tiene una ingeniería autoorganizativa propia y adaptativa con sus actores, tecnologías, nuevas acciones, heterarquías, nuevas topologías.

Así mismo, la corrupción se maneja con su propia lógica y ética, esto es la lógica del mal (Marion, 2019) y la ética del mal (C. Maldonado, 2024).

Según Marión el mal hace sufrir, entonces, si el primer efecto del mal es el sufrimiento, el segundo es hacer cesar el sufrimiento y para eliminar este sufrimiento el mal concita la venganza, o al menos trata de hacer gritar venganza, a cualquier precio. Es así que la lógica del mal despliega su primera necesidad suscitando en quien sufre el deseo de otro mal: destruir la causa del mal que destruye, dar al mal su mal, a través de la agresión (Marion, 2019). En este sentido podemos afirmar que la corrupción es una forma de agresión donde el agente corrupto desea vengarse de aquel que en algún momento le hizo el mal. Recordemos aquí algo puntual, que las instituciones si no matan a sus administrados, dejan que se mueran al prestar servicios precarios producto de actos de corrupción, solamente así el que sobrevive logra escalar a través de influencias burocráticas o políticas y ser parte de la institución que le servirá de instrumento de venganza y a la vez de remediación del mal. Sostiene Marion que:

Lo peor del mal es (...) que sólo la venganza parezca poder remediarle; (...) [que] la lógica de la venganza triunfa incluso en el restablecimiento (aparente) de la justicia, en el cese (provisional) del sufrimiento, en el equilibrio (inestable) de las injusticias (Salinas, 2022).

En el agente corrupto la saturación del mal excede la conceptualización del bien y de lo justo, presentándole la paradoja que, frente a la transmisión del mal intersubjetivo –la justicia vuelta en injusticia por la acusación y la venganza–, afirma una única manera de no perpetuar el mal: “no tratar a todo precio de deshacerse de él, para no arriesgarse a involucrar con esa acción a otro hombre” (Salinas, 2022). De ahí la justificación por contagio de toda una institución pública caracterizada por el mal endémico de la corrupción.

La lógica del mal lleva al agente corrupto hasta la autodestrucción, contradiciendo al inocente e incluso al soporte óntico de su ejercicio, manifestando su

esencia, es por esto que el "máximum de su contradicción lleva la venganza a su última expansión: el suicidio" (Marion, 2019). El suicida-viviente, el corrupto adonado, envuelto en el ropaje de la lógica de la venganza simula vivir bien al llevar adelante una vida (in)auténtica de poder, prestigio y dinero, en que la destrucción de sí, del otro y de la comunidad entera, y de la posibilidad de reconciliación entre todos lleva a su paso la devastación de todo. El agente corrupto sumergido en la lógica del mal se concreta bajo el engaño de la dominación del mundo institucional por un conocimiento absoluto de la causa del mal y mediante un actuar acabado contra todo mal: una venganza contra la sociedad civil a través del poder que le confiere la ley dentro de la institución. El egoísmo del corrupto, constituido por la ruina violenta del otro –y la correspondiente distancia/infinitud capaz de liberar del egoísmo– no concluye sino con la ruptura suicida del cogito con su propia libertad y posibilidad de amar, es decir, no acaba sino por ofrecer la muerte. Por último, el mal consuma su manifestación, en tanto que la persona es lógicamente mala, como única prueba de aquel que en su no-persona personifica, paradójicamente, esta lógica de des-personalización (Salinas, 2022).

Por otro lado, la inocencia injusta de la paradojal lógica del mal, presentada entonces como única ética del mal posible, derivará ya en nueva destrucción, ya en una inédita intersubjetividad basada en dicha lógica. Esta, "se propone darle un estatuto conceptual riguroso y los medios para desarrollarse" (Salinas, 2022). Así entra en vigencia el código de ética del mal que está conformado por principios que siguen la lógica del mal, es decir la destrucción, manifestando así la injusticia intrínseca de la necesidad de venganza a través de la astuta baba satánica de la acusación (Marion, 2019). La astuta baba de Satanás, el diablo (en hebreo Satan, diábolos, acusador), consiste en que el agente corrupto aparece en la institución sin apariencia, persona-nadie que no da la cara (personne: "persona" y "nadie"), en hacer creer que él, Satán, el maligno, el corrupto, no existe y por tanto no es responsable de nada, precisamente para que la persona ya autoacusada-infernalizada en actos de corrupción (v.g. cometimiento de delitos contra la administración pública: peculado, cohecho, enriquecimiento ilícito y demás) no pueda rebelarse contra él, condenada a su propio infierno, a su propia enfermedad, y se autodestruya (Díaz, 2022).

Los agentes corruptos siguen sus propios códigos de ética del mal, es decir, normas, principios, valores, y se comportan siguiéndolos con rituales y evidentes manifestaciones de toda índole (C. Maldonado, 2024). Un ejemplo conspicuo de este tipo de código de ética del mal es el elaborado por (Greene, 2010) con sus célebres 48 leyes del poder o mejor conocidas como leyes del tramposo (Díaz, n.d.). Veamos a continuación estos principios:

1. No eclipsar a nuestros superiores. 2. No confiar demasiado en los amigos y saber utilizar a los enemigos. 3. Ocultar las intenciones. 4. Decir menos de lo necesario. 5. Defender la reputación a toda costa. 6. Llamar la atención siempre. 7. Conseguir que otros hagan el trabajo y llevarse uno el mérito. 8. Hacer que los demás vengan a uno, poniendo un cebo ad hoc si es necesario. 9. Ganar a través de cualquier tipo de acción, nunca del diálogo. 10. Evitar el contacto con los infelices y desafortunados. 11. Aprender a hacer que la gente dependa de nosotros. 12. Utilizar la honestidad y la generosidad de forma selectiva para desarmar a nuestras víctimas. 13. Al pedir ayuda, apelar al provecho que el otro puede obtener prestándola, no a la misericordia ni al agradecimiento. 14. Actuar como un amigo, trabajar como un espía. 15. Machacar contundentemente al enemigo. 16. Permanecer distante para aumentar el respeto y el honor. 17. Mantener a los demás en estado de terror y suspense, alimentar la imagen de impredecible. 18. Encontrar aliados, no aislarse. 19. Saber con quién se está tratando. 20. No comprometerse con nadie: hacerse el ingenuo, dar más lástima que la víctima. 21. Utilizar la táctica de la rendición: convertir la debilidad en poder. 22. Halagar y denigrar alternativamente según convenga. 23. Concentrar la fuerza. 24. Saberse el manual del perfecto cortesano. 25. Crearse imagen. 26. Mantener las manos limpias, aunque sólo sean las manos. 27. Aprovechar la necesidad de creer ajena para conseguir adeptos. 28. Entrar en acción con audacia. 29. Planear todo el camino hasta el final. 30. Hacer que los logros propios parezcan realizados sin esfuerzo. 31. Controlar las opciones, conseguir que los demás jueguen con nuestras cartas. 32. Jugar con las fantasías de la gente. 33. Descubrir el talón de Aquiles de cada persona. 34. Ser regio en el comportamiento: actuar como un rey para ser tratado como tal. 35. Dominar el arte de calcular el tiempo. 36. Desdeñar las cosas que no se puedan tener: ignorarlas es la mejor victoria. 37. Crear espectáculos atractivos. 38. Pensar como se quiera, pero comportarse como los demás. 39.

Remover las aguas para pescar peces. 40. Desdeñar la comida gratuita. 41. Evitar seguir los pasos de un gran hombre. 42. Golpear al pastor para que se dispersen las ovejas. 43. Manipular los corazones y las mentes de los demás. 44. Desarmar y enfurecer a los demás reflejando sus actitudes. 45. Predicar la necesidad de cambio, pero nunca reformar demasiado de una sola vez. 46. Nunca parecer demasiado perfecto. 47. No sobrepasar la meta que uno se ha marcado. 48. Adoptar una apariencia acomodaticia.

Este código muy bien acogido por los agentes corruptos logra permear los procesos autoorganizativos de las instituciones, especialmente en los modelos mentales de los servidores públicos, en la administración pública y en la conformación de redes normativas, logrando expandir la normatividad complementaria y paralela que da como resultado el poder corruptor presente en las instituciones. En estas circunstancias nos preguntamos ¿De qué material debe estar hecho el agente administrativo para no dejarse corromper por el poder corruptor que se encuentra enquistado de forma subrepticia en las instituciones?

4. Estabilización y expansión de las normatividades complementarias corruptas

Las normatividades complementarias de corrupción se consolidan cuando los operadores jurídicos las interiorizan y reproducen. Esto ocurre en distintos niveles:

- Nivel individual: conductas de agentes públicos que siguen lógicas informales en el ejercicio de sus funciones. Estos rasgos conductuales son propios del psicópata. Según el DSM V (American Psychiatric Association, 2013) “el individuo psicopático no tiene sentido de la moral individual” por ende no sabe distinguir entre lo que es bueno y malo. La psicopatía individual es narcisista, impulsiva, controladora, aferrada al poder y manipuladora. El individuo psicopático carece de empatía y de sentido moral; es inteligente y perverso relacionalmente; es un compañero de viaje muy peligroso. Tiene el psicópata gran capacidad para planear y encuentra placer en hacer daño, robar y matar le divierte, manipula y

engaña fingiendo fácilmente que tiene emociones y que comprende a los demás. No se entrega al crimen (corrupción) para liberar tensiones, sino como fuente de deleite, carece de angustia y sobresale allí donde se pueda obtener algo de poder, prestigio o dinero: siempre habrá un psicópata inteligente bien vestido medrando las instituciones. El psicópata adaptado o integrado robará mucho para controlar su agresividad causando mucho daño a la institución y a la sociedad civil, a diferencia del psicópata psicótico, que está fuera de sí y ha perdido el sentido de la realidad. Es una persona, pero no procesa su condición de tal. Sin ir tan lejos como la psicopatía, el trastorno antisocial se traduce en robos, agresividad, violencia, mentiras, junto a timidez, depresión, ansiedad social, tendencia a la soledad. El mutismo selectivo asociado a la timidez y a la ansiedad social incapacita para hablar en determinados contextos (Díaz, n.d.).

- Nivel institucional: prácticas corruptas normalizadas dentro de instituciones que perpetúan el mal, especialmente de los funcionarios públicos, con su correspondiente impacto en la desmoralización pública. Las instituciones públicas no cumplen con una tarea especialmente importante, que es la de descubrir y castigar a las personas que incumplen los contratos, roban, etc, existe confianza y lealtad desde un punto de vista cooperativo y jerárquico. Como el Estado no cumple bien con esa obligación, los administrados desconfían más de sus instituciones y servidores públicos; la desconfianza de la sociedad civil tiene que ver también con la inseguridad institucional. Se forma así un círculo vicioso: el Estado incumple y cuanto mayor sea el número de instituciones a las que el ciudadano esté afiliado, más desconfiará en los demás. Las personas que no reciben apoyo de las instituciones públicas saben que éstas funcionan porque la gente engaña al sistema.

- Nivel social: legitimación de normas informales dentro de la cultura jurídica de una sociedad a causa de la sociopatía. Según el DSM V (American Psychiatric Association, 2013) “el sujeto sociopático sí tiene sentido de la moral y una conciencia bien desarrollada del sentido del bien y del mal, pero muy particular”. La sociopatía podría llegar a ser norma moral si la mayoría de la población fuese psicopática. No hay psicopatía sin entorno

sociopático, ni a la inversa. Quien nace en una sociedad psico/sociopática tiene más probabilidades de reproducir estos padecimientos, por lo cual desde tempranas edades los niños tienen comportamiento de psicópatas y de sociópatas. La sociedad impulsa al niño a fraguar sentimientos y fantasías de omnipotencia que se traducen en comportamientos antisociales; padres que no logran generar identidades en los hijos debido a la sobreindulgencia y negligencia en la crianza, como si careciese de importancia poner barreras ni limitantes a las arbitrariedades de las personas. Muchos agentes corruptos surgen de la omisión, de la pasividad, de la ausencia irresponsable de los supuestamente no criminales.

Estas estructuras pueden fortalecerse en contextos donde las instituciones son débiles y no cuentan con mecanismos efectivos de supervisión y sanción.

5. El papel de la autoorganización de la sociedad civil en la disrupción de normatividades complementarias

El neoinstitucionalismo jurídico no ha podido, hasta la fecha, evitar la emergencia de normatividades complementarias corruptas en los procesos de autoorganización de las instituciones; así se viene imponiendo dentro de ellas la lógica y la ética del mal. Dentro de las instituciones los operadores actúan como agentes de estabilización de las normatividades complementarias ya que aceptan y reproducen esas normas informales. Sin embargo, el derecho puede desempeñar un papel disruptivo, desafiando prácticas establecidas e introducir nuevos paradigmas, como aquel que tiende a complejizar el derecho y crear una nueva dimensión inconmensurable (Benítez & Maldonado, 2024), que toma en cuenta la autoorganización de la sociedad civil para afrontar los sistemas corruptos y de esta forma evitar la emergencia de nuevas normatividades complementarias dentro de los procesos institucionales.

Para desafiar las prácticas corruptas establecidas dentro de las instituciones la sociedad organizada (que no institucionalizada) debe jugar un rol importante a través de la autoorganización de la sociedad civil (C. Maldonado, 2018). En este sentido, gracias al nuevo sistema de derecho modo complejo propuesto (Benítez & Maldonado, 2024), el institucionalismo, el neoinstitu-

cionalismo y la administración pública pasan a tener un rol secundario y no principal para el combate de la corrupción, y más bien la sociedad civil (las gentes) pasan a tomar el rol protagónico y principal a través de la autoorganización (que no ya de la administración). Los nuevos actores (yo-Y-tú / nosotros comunitario), nuevas tecnologías (tales como inteligencia de enjambre), nuevas acciones (por ejemplo: liderazgo sin líderes, estrategia sin estrategas), heterarquías (paralelas, difusas, distribuidas), nuevas topologías orgánicas (híbridas, fractales). Asistimos al nacimiento de una nueva forma de combatir la corrupción. Las formas tradicionales de combatir a los agentes corruptos estuvieron centradas en: lineamientos, direccionamientos, comités, órdenes, normas y los aparatos y sistemas –casi siempre punitivos- correspondientes (Benítez & Maldonado, 2024).

La autoorganización de la vida social y humana, más que del institucionalismo y del neoinstitucionalismo, requiere de organizaciones sensibles y con sabiduría que permitan combatir la corrupción, para ello se tiene que organizar la eusocialidad, la cooperación, el apoyo mutuo, el compañerismo, la amistad, la minga y demás, requiere de una comunión de bienes; ya no es la representatividad o la delegación de competencias, sino el desarrollo de capacidades para que cada persona y la comunidad (a través de la relación grupal yo-Y-tú / nosotros comunitario) se conviertan en actores responsables en el combate de la corrupción. El concepto de organización se contrapone al de institución porque ésta es cerrada, piensa en ella misma y es dentro de esta, de forma camuflada, donde se da la corrupción; en cambio aquella, es abierta y piensa en los demás, se asume a sí misma como medio para que sus miembros puedan desarrollarse, si es preciso, por fuera suyo, en el nosotros comunitario, organiza los bienes comunes, por ejemplo, el cuidado y protección del medioambiente, por ejemplo, según las propuestas realizadas por Elinor Ostrom (Benítez & Maldonado, 2024).

Es importante tomar en cuenta que la sociedad civil puede utilizar mecanismos de participación activa en la supervisión y monitoreo de las instituciones públicas; además los ciudadanos pueden denunciar públicamente irregularidades dentro de estas estructuras. Las auditorías y controles internos de las instituciones deberán ser realizadas en colaboración con organizacio-

nes externas e independientes que nacen de la sociedad civil para garantizar transparencia. Así mismo la sociedad civil, a través de las mingas de ciudadanos contra la corrupción, puede utilizar el procedimiento de la acción penal colectiva para presentar demandas o acusaciones contra instituciones responsables de corrupción y someterlas al escrutinio público, particularmente en casos donde la institución corrupta ha causado daño directo a la sociedad o al patrimonio público.

La implementación de la responsabilidad penal colectiva de instituciones y grupos familiares que las manejan permitirá a la sociedad civil investigar y publicar (pasar de la caja negra a la caja traslúcida) a los responsables de prácticas corruptas. Este procedimiento podría incluir la obligación de las empresas públicas de implementar programas de "compliance" y de realizar auditorías internas periódicas. También se pueden implementar acuerdos de responsabilidad corporativa que permitan a las empresas o entidades responsables de corrupción negociar acuerdos de responsabilidad penal colectiva, en los cuales puedan colaborar con la sociedad civil a cambio de una reducción de las sanciones, pero con la obligación de tomar medidas correctivas profundas en su estructura interna.

Este nuevo paradigma normativo de la responsabilidad penal colectiva para identificar y sancionar a clanes, grupos familiares, empresas públicas corruptas requiere de nuevos tipos penales y procedimientos. Como dijimos más arriba, la corrupción tiene dos características: 1. es una red, 2. es un sistema complejo (Maldonado, 2019). Es una red compleja porque tiene nodos y nexos o conectores que se relacionan; es decir, los nodos lo conforman las personas individuales comprometidas con actos ilícitos (p.ej. el narcotraficante X, el político Y, el traficante de personas Z, entre otros); en cambio, los nexos lo constituyen los poderes obscuros que están por detrás: empresas, colectivos, clanes, grupos familiares que dan o reciben dinero o prebendas de cualquier tipo. El derecho penal actual solo sabe de nodos, es decir de responsabilidad penal individual, por eso la ineficacia y lentitud en sancionar a personas corruptas. El derecho penal debe saber, además, de nexos, es decir de responsabilidad penal colectiva.

La responsabilidad penal colectiva involucra nuevos tipos penales como, por

ejemplo: 1. Responsabilidad penal institucional; 2. delitos de colusión estructural; 3. delitos de negociación ilegal entre actores del sistema; 4. delitos de encubrimiento organizado; 4. delitos de manipulación de recursos públicos por redes criminales. Todos estos delitos requieren de nuevos procedimientos como por ejemplo la investigación de redes criminales a través de grupos especializados de la sociedad civil (v.g. observatorios, entre otros) en la investigación de redes de corrupción, que trabajen de manera transversal con otros grupos de seguridad que emerjan de la sociedad. Así mismo, utilizar herramientas de inteligencia de enjambre y de análisis de redes (como software de análisis de datos, inteligencia artificial) para mapear los nexos entre los actores involucrados y detectar patrones de comportamiento de redes de corrupción. Aprovechar las tecnologías convergentes para generar turbulencias y combatir el sistema corrupto que se aprovecha de la deficiente capacidad de información y conocimiento de las instituciones de control existentes. Un ejemplo de lo dicho son las NBICS (nanotecnología, biotecnología, tecnologías de la información, tecnologías del conocimiento y la "S" conocida como dimensión social de las tecnologías). La nanotecnología garantiza la trazabilidad (es decir, ayuda a identificar el origen y las diferentes etapas de un proceso de producción y distribución) de bienes públicos ilícitos; la biotecnología incrementa el control de recursos naturales y cadenas de suministro ilegales en el mercado. Las tecnologías de la información, como blockchain y la IA, detectan fraudes y garantizan la transparencia en las instituciones. Las tecnologías del conocimiento educan y sensibilizan sobre ética y mejora moral (*moral enhancement*) en los agentes corruptos, y la dimensión social moviliza a la sociedad civil, fomentando la participación ciudadana a través de denuncias y rendición de cuentas. Juntas, estas herramientas crean un ecosistema que reduce las oportunidades de corrupción y promueve una cultura de la transparencia. Un gran reto que le espera a la sociedad civil.

6. Terapia social compleja para contener la corrupción: hacia una ecología del vínculo social

Solamente la sociedad civil, a través de la autoorganización, puede afrontar la corrupción institucional. No obstante, esta se enfrenta actualmente con un

problema no menor, el individualismo, y con este deviene la disgregación y el fragmento. Se hace creer que aboliendo lo universal, disgregado el vínculo común de la sociedad civil reinará la totitolerancia (Diaz, 2010), sin embargo, no puede existir tolerancia cuando no se reconoce el vínculo que me une al otro. Tenemos entonces como resultado en la sociedad civil el imperio absoluto de la indiferencia, de la insolidaridad, donde el prójimo no reconocido es usado y utilizado como un medio para el engorde y disfrute del propio yo. En una sociedad individualista no cabe la alteridad, la gratuidad ni la cooperación integral para combatir la corrupción.

Al margen de toda relación de sentido, lo máximo posible a lo que puede aspirar la sociedad civil es a un azar afortunado. La separación que el individualismo potencia en la sociedad ha sido caracterizada por (Beaufret, 1947) como hemorragia de la subjetividad, y (Deleuze & Guattari, 2004) en su Anti-Edipo lo reconoció como esquizofrenia, la enfermedad de nuestra época. Esta reducción solipsista, nihilista y relativista ha causado una enfermedad terminal, desesperanza y desesperación en la sociedad civil, muy bien narrada por (Vallejo-Nágera, 1991b, 1991a) de la siguiente forma:

La experiencia que tenemos los médicos sobre los enfermos terminales es que pasan por cuatro fases. En la primera siguen ocupándose del mundo que les rodea, leen la prensa, ven la televisión, siguen las noticias y, por supuesto, se interesan por su familia. En una segunda fase se circunscriben a lo que pasa en su casa, en su familia. En la tercera se reducen a lo que ocurre en su habitación, a los aparatos médicos que les mantienen con vida. Y en la cuarta y última sólo atienden a lo que ocurre en el interior de su cuerpo.

Al parecer a la sociedad civil no le interesa la relación comunitaria para afrontar la corrupción sino únicamente el cuidado de sí (Gómez, 2021).

La falta de relacionalidad yo-tú-nosotros en la sociedad civil ha provocado un vacío existencial y pérdida de sentido de vida. Según (Giraldo Patiño, 2020):

Si bien el ser humano es en la medida en que se relaciona, las relaciones se humanizan cuando el sujeto es capaz de atribuirle un significado al otro de la relación. Cuando dicho significado desaparece, las relaciones se convierten en una búsqueda de sí mismo y se transforman en expresiones narcisistas del

sujeto.

Estamos en el escalón más bajo del desarrollo moral (el egocentrismo), pero en el terreno de la propaganda y del mundo mediático en el más avanzado.

Lo cierto es que el individualismo en la sociedad civil produce efectos psicosociales en la interacción entre el sujeto individual y la vida social, entre ellos el sufrimiento y dolor a mucha gente; de ahí la necesidad de dar prioridad a quien sufre. Para ello debemos contribuir en la creación de una ecología del vínculo social (Giraux, 2012), como lo propone la Declaración de Lyon, que hace parte integral de los determinantes sociales de la salud mental. Dicha declaración define a la salud mental como:

La capacidad de vivir consigo mismo y con el otro, en la búsqueda del placer, de la felicidad y del sentido de la vida, en un entorno dado pero no inmutable, transformable por la actividad de los hombres y de los grupos humanos, sin destructividad pero no sin rebelión; es decir, con la capacidad de decir "NO" a lo que se opone a las necesidades y al respeto de la vida individual y colectiva, esto permite el "SI", o el "verdadero sí", lo que implica la capacidad de sufrir manteniéndose vivo, conectado consigo mismo y con el otro (Giraux, 2012).

Resaltamos de esta definición los siguientes aspectos importantes que nos ayudarán a generar en la sociedad civil una ecología del vínculo social para combatir la corrupción, a saber: la búsqueda del sentido de vida, la capacidad de sufrir y de vivir consigo y con los otros (relación vital), y la capacidad de decir no a la corrupción, conceptos propios de una terapia compleja (C. Maldonado, 2023).

Para (C. Maldonado, 2023) una terapia compleja es:

(...) terapia de formas, estilos o estándares de vida con vistas a exaltar la vida, cuidarla, brindarle calidad y dignidad, y hacerla posible y cada vez más posible, tanto como quepa imaginar. Una terapia modo complejo implica un proceso de liberación en toda la acepción de la palabra. Lograr que cada quien sea libre; este, puede decirse, es el sueño más recóndito de la humanidad. Solo que nadie puede ser libre si él, ella o ellos mismos no aceptan el riesgo de su libertad. Algo que sí se asimila al espíritu filosófico y ético de la terapia en

general.

Para crear una ecología del vínculo social en la sociedad civil y de esta forma afrontar la corrupción se propone las siguientes alternativas: a. La aplicación de nuevos estándares de vida en la sociedad civil; b. Procesos de liberación de la sociedad civil; y c. Nuevo espíritu filosófico y ético para combatir la corrupción. Veamos detenidamente cada uno de ellos.

a. La aplicación de nuevos estándares de vida en la sociedad civil.

La sociedad civil debe aprender a vivir de otro modo para combatir la corrupción, para ello es necesario los siguientes giros civilizatorios personalistas y comunitarios:

- Un giro sintáctico: no bastando el yo-y-tú convencional, egoísmo de dos, se precisa la actitud de nosotros postconvencional que busca el bien de la sociedad. Entender esto es muy importante para afrontar el individualismo social. Quien dice yo, solamente yo y se define con el yo, está enfermo; solo un loco habla consigo mismo. El egoísmo es un signo patognomónico que nos conduce a la muerte. Quien diga «yo» en serio está diciendo a la vez yo-y-tú; yo no soy solamente yo, y tú no eres solamente tú, quien define al yo es el tú; si hacemos al yo-y-tú relacional fundamento de nuestra vida dejaríamos de enfermarnos, porque al cuidar al tú estaría a su vez cuidándome yo, en esto se resume el «amarás a tu prójimo como a ti mismo». No tenemos derecho a un yo solipsista. Quien ama ennoblece a la persona amada, tuifica al yo, ensancha su corazón; por el contrario, quien odia egoifica al tú, convierte al tú en un el (ello, eso), en una cosa, es decir en un objeto impersonal que está a mi servicio.
- Un giro semántico: más que cambiar de discurso –que también-, vivirlo, resignificarlo, necesitamos una razón cálida compasiva. La compasión es la respuesta empática a la prioridad de quien sufre (Díaz, 2018). La subjetividad, es una responsabilidad por los otros. El terapeuta debe dar espacio a la otra persona que le necesita: la urgencia es la medida de la razón cálida (Diaz, 2010). Existir es situarse-ante-el otro, ante su vulnerabilidad, con ab-negación de sí. Frente al “yo para ti no estoy”, el terapeuta dice con des-inter-es (sin egoísmo): tú también eres. En esa

medida, el terapeuta que com-pati-biliza (que sufre conjuntamente) y se con-duele se pregunta: ¿está siendo mi yo una usurpación de los lugares que pertenecen al paciente? Quien sufre tiene prioridad: cuando alguien que no eres tú llora, tiene derecho sobre ti, por eso enseñar a quien sufre es lo más urgente: al prestar atención al sufrimiento del otro deja de ser un él y se transforma en un tú. La tarea no es, por tanto, la elaboración de hipótesis abstractas sobre posibles formas de humanitarismo, sino la de hacer desaparecer del mundo formas concretas de inhumanidad. El verdadero problema del mal es el sufrimiento que causa el hombre. Sólo conozco por dentro aquello que me duele. Hacer sufrir es la única manera de equivocarse. Las páginas de la Historia universal de la infamia las han escrito quienes hacen sufrir voluntariamente. Hasta que uno no se entera enteramente del ajeno sufrir ignora quién es uno mismo y puede cometer atrocidades. Sólo el sufrimiento pone todo nuestro ser en carne viva. Para condolernos del dolor del prójimo nuestra conciencia debe ser recognoscitiva, es decir reconocernos en el rostro del otro, de esta forma accederemos al nosotros primordial por el que clamó Martin Buber (Pedemonte i Feu, 2019). También se da la gratuidad de la voz pasiva, donde uno se deja interpelar por el Tú que me llama (Levinas); donde el yo pienso se convierte al yo soy amado por ti, y donde el yo quiero se percibe como un yo soy querido, a la par que como un yo te quiero. Si no se supera el nivel de hiperactividad laboriosa del yo pienso (fundamento de la posmodernidad), abriéndose desde la conjugación reflexiva a la conjugación transitiva, no haremos nada bueno. Con tal carencia, además, tampoco cabe eso que Levinas llama des-inter-essement, un des-interes que se instala en el entre del inter con toda la radicalidad ontológica del ser (essement), y que por cierto se instala desviviéndose, desinstalándose (des). Con tal carencia, en fin, tampoco es posible un ahora como mano que tiende a otra mano: un ahora que es main-tenant, mano que ahora me sostiene (Jean Luc Marion).

- Un giro pragmático: cambiar radicalmente el modo de vida optando por el decrecimiento sostenible frente al mito del crecimiento insostenible. La corrupción y, una de sus aristas, el narcotráfico son los productos más acabados del capitalismo; no son una anomalía o enfermedad dentro de

este sistema, sino una de sus consecuencias. La estructura mental que el capitalismo generó en las personas es principalmente la de crecimiento económico, ganancia, acumulación de riqueza a toda costa. Para lograr este objetivo de lucro inmediato el camino más corto o atajo es a través de la corrupción. Ante esto proponemos que la sociedad civil cultive la grandiosa «carencia de necesidades». Cuando el simposiarca Sócrates se paseaba por las calles abarrotadas de comerciantes y de productos de toda laya en la antigua Atenas, viendo tantos objetos superfluos, decía: "Cuánto es lo que no necesito y lo poco que necesito, que poco lo necesito". Decrecer no es quedarse sin nada, sino aprender a vivir con lo necesario y los excedentes donar a quienes no tienen (hoy en día las tres cuartas partes de la humanidad pasan hambre).

- Un giro elpídico: la esperanza, motor de la historia para quienes se comprometen y no para los supersticiosos. Algo hay que hacer; si los demás no lo hacen, ¿por qué no lo hago yo?; y si no lo hago yo, ¿quién soy yo? La enfermedad somos nosotros, la salud también. Pero decir sí a la vida es luchar por ella..» (Díaz, 2019). Ahora debemos movernos con urgencia. La palabra esperanza en el idioma hebreo tiene la raíz verbal qwh, y de ella se deriva la palabra qaw (cuerda, hilo) y tiqwal (esperanza). Cuando aquel personaje bíblico llamado Job se desespera grita: "Mis días corren más rápidos que la lanzadera, se desvanecen sin que me quede un hilo de esperanza". Cuando ese hilito de esperanza se rompe, nos desesperamos, entramos en pánico y se apodera de nosotros la triada trágica, culpa, sufrimiento y muerte. El hilo de esperanza es necesario para no desesperar. Este hilo es muy frágil y a la vez sólido, que requiere de acción, la esperanza es para quien la trabaja. Hay que formularse las preguntas básicas de la vida: "¿puedo intentar ser esperanza para los desesperanzados? ¿Su vida necesita algo de mí? ¿Qué les pasará a ellos si yo no hago lo que debo? ¿Acaso nos planteamos responder a principios universales para configurar nuestras vidas?". En definitiva, no hay esperanza sin felicidad, pero la felicidad como dijo el filósofo español Carlos Díaz "es imposible sin hacerse uno mismo artífice de sus causas mejores. Quien asume su humana condición y la realiza puede alcanzar mejor una felicidad sólida, fecunda, duradera, universal. Buscar la propia felicidad a

expensas de la ajena introduciría sufrimiento. Podemos querer ser felices sin ser justos, pero entonces no seremos dignos de la felicidad." Gabriel Marcel dijo: "La única esperanza auténtica es aquella que se dirige a lo que no depende de nosotros, aquella cuyo resorte es la humildad, no el orgullo".

b. Procesos de liberación de la sociedad civil.

La sociedad civil lo que más teme es la libertad de ahí la proliferación de mecanismos de control y opresión. En todo caso la sociedad civil se caracteriza por tener grados de libertad. Los grados de libertad constituyen en sí una donatividad, se dan simplemente y no requieren de reconocimiento normativo alguno, existen por gracia. La realidad intencional de las personas es para incrementar cada vez más los grados de libertad a través de la relación. Estos grados aumentan porque la relación humana es campal, es decir personal, comunitaria, ambiental y cósmica, a campo abierto; por ende, la relación estocástica de las personas en todos los ámbitos es positiva cuando, por ejemplo, en el ámbito personal la relación es yo más, tú más, nosotros más. Los grados de libertad decrecen por ejemplo cuando la relación en todos los ámbitos y particularmente la personal y comunitaria es yo más y tú menos; yo menos y tú más; yo menos y tú menos; o la disyuntiva o tú o yo.

Aumentar los grados de libertad y por ende de relacionalidad estocástica en una sociedad, que está acostumbrada a la individualidad, a vivir cada uno en sus cada-unadas, es un gran reto; los códigos normativos que sirven para regular el comportamiento no pueden crear grados de libertad porque su fundamento mismo es la Ley del Talión, ojo por ojo, diente por diente..., es decir, el rencor. Sin embargo, hay formas de incrementar los grados de libertad, una de ellas es a través de la relación unibinaria del "yoYtú", esto quiere decir que "yo soy yoYtú y tú eres túYyo". La "y" conforma un a priori relacional recriprocador para trasformar el sum en sursum, prorsum y adsum.

En el ámbito de la relación para incrementar los grados de libertad se pueden dar dos condiciones, a saber: el "con" y el "sin" o "contra". El "con" implica que la persona practica la ayuda mutua, está contigo, cree en ti (te da crédito), aboga el para ti, desde ti, hacia ti, en definitiva, dice a la otra persona me

encanta que vivas y mientras yo viva tú no morirás. En cambio, el "sin ti" o "contra ti" implica la máxima expresión del odio; aquí la persona todos los días lucha por hacer daño, hacerte caer, matarte (contra ti), o lo que es peor no existes para él (sin ti) y por lo tanto te ignorará, no hará nada por ti. No obstante, para universalizar el "con", el "entre" o el "y" se presentan algunas dificultades que debemos afrontarlas tomando la distancia adecuada: 1. Cerca – lejos: para mis familiares cercanos confianza y amor, para los lejanos indiferencia y difiducia. 2. Arriba – abajo: el jefe siempre habla desde arriba, viaja en primera clase, es VIP y come caviar, el subordinado abajo, comiendo carbohidratos y ganando sueldos de miseria. 3. Tuyo – mío: para mis hijos, todo, para los tuyos... ¿tienes hijos? 4. Pronto – tarde: para mis caprichos rápido quiero que me lo satisfagan, cuando tiene un dolor urgente el prójimo, ¡que espere un poco! 5. Grande – pequeño: yo gran empresario exitoso te aplico la ley de la destrucción creativa pequeño competidor.

Es enteramente difícil de conseguir al cien por cien los grados de libertad porque el don de la libertad no solo entraña la armonía respecto del exterior (naturaleza-cosmos), sino también el logro del señorío de sí mismo. Ante esto la pregunta primordial es ¿Hubiera sido preferible la perfección a la libertad en la persona? Por supuesto es preferible la libertad, pero no esa libertad disoperadora que esclaviza; sino la libertad cooperadora que nos mociona hacia la verdad, la bondad, la belleza que nos hace más libres. Aquí un punto clave: los grados de libertad en el mundo se incremental cuando incrementamos la libertad del prójimo, solo la libertad del prójimo extiende la mía al infinito. En lo social solo soy libre cuando todas las personas que me rodean son libres.

c. Nuevo espíritu filosófico y ético para combatir la corrupción.

A pesar del nihilismo, del pesimismo y del escepticismo en la sociedad, y de la mediocridad nosotros tenemos que esforzarnos para conseguir ahora una nueva humanidad. Para ello hay que atravesar por un nuevo espíritu filosófico y ético, es decir por la dialéctica de la dimensión personal misma: vocativo (llamada, pedido), genitivo (respuesta), dativo (regalar-se), ablativo (un caso de qué hablar) y nominativo; sin lo anterior se presenta el acusativo (odio a la otra persona: yo sin ti y/o yo contra ti). El ejercicio del vocativo nos incita a estar pendiente del llamado, del grito y de lo que necesita la otra persona, de

ese pedir y clamar acogida. Con el ejercicio del vocativo se aprende a descubrir luego el genitivo, el dar respuesta al llamado del prójimo, el responderle solícitamente con prontitud y agrado, convertirnos en el regazo que da acogida, el sustento que vivifica y hace vivir: de ti que me abres la puerta (genitivo), el necesitado que me llama, me exige, me interpela (vocativo).

El vocativo llevado por la mediación del genitivo transita al dativo como una prolongación natural del ejercicio de la pasividad gozada, la persona tiende a acoger si en algún momento fue acogido, nadie da lo que no tiene o ha recibido, ejercicio discreto del apoyo mutuo: quien bien suplicó ayuda y supo reconocer sabrá por su parte regalar sin contrapartida. Cuando el dativo queda vacante suele venir el acusativo en aluvión y en espiral: no ayudar a nadie, la persona se convierte egoísta. Pero donde abundó el odio sobreabundó la gracia, el amor. En la cultura del perdón (restauración de la des-gracia por el poder de la gracia) el que perdona no humilla ni el perdonado se minimiza, sino todo lo contrario: quien perdona restaura y acoge; quien es perdonado agradece y recobra la vitalidad. A partir de ahí el dativo adquiere la forma del ablativo, de la donación y el perdón en todos los casos y en todo tiempo y lugar. En definitiva, habla bien de quien le abrió las puertas de su casa que con este hecho se transformó en casa común (oikos).

Los integrantes de una sociedad civil virtuosa creen que da más fuerza sentirse amado que creerse fuerte, para ello cultivan la siguiente dialéctica: saber/querer/poder/hacer/deber/esperar/agradecer/orar (este último para los creyentes), reciprocidad interactiva de estas palabras clave que toda persona en comunidad debe conocer a fondo (Díaz, 2008).

7. Conclusiones

El derecho no opera en un solipsismo normativo, sino en constante interacción con sistemas informales que pueden complementarlo o contradecirlo. Las normatividades complementarias, lejos de ser anomalías esporádicas, constituyen una dimensión estructural del derecho en la práctica. La corrupción, como manifestación de una normatividad emergente, es un fenómeno que debe abordarse no solo desde la aplicación de normas positivas, sino des-

de una comprensión sistémica de interacción entre derecho formal (con su lógica deóntica y normas constitutivas que generan hechos institucionales) e informal (normatividades complementarias con su respectiva lógica y ética del mal).

Para contener estas normatividades complementarias, entre ellas la corrupción, es necesario un análisis crítico del derecho que no solo se enfoque en la aplicación de la norma, sino en las condiciones que permiten la emergencia de sistemas normativos paralelos. Esto implica un cambio en la forma en que se concibe el derecho y su relación con el poder, la sociedad y la legitimidad, priorizando estrategias que fortalezcan la autoorganización de la sociedad civil y la ecología del vínculo social que reduzcan los incentivos para la corrupción.

Bibliografía:

- American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. American Psychiatric Association. https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596
- Beaufret, J. (1947). M. Heidegger et le problème de la vérité. Fontaine, 58.
- Benítez, J., & Maldonado, C. (2024). Nueva epistemología del derecho para la comprensión de los eventos raros. In VOCES Y PRISMAS DE COMPLEJIDAD EN AMÉRICA LATINA. Red de Derecho de América Latina y el Caribe REDALC.
- Cáceres, E. (2012). DISPRAXIS JURÍDICA. MODELOS MENTALES Y CONSTRUCTIVISMO JURÍDICO COMPLEJO. In Dispraxis (pp. 191–212). Instituto de Investigaciones Jurídicas UNAM. https://doi.org/http://ru.juridicas.unam.mx:80/xmlui/handle/123456789/11977
- Cáceres, E. (2023). Derecho y complejidad: el estado del arte. Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Camelo-Rincón, M. S. (2023). La corrupción desde la perspectiva de los sistemas complejos: una revisión sistemática de la literatura. Cultura Científica. , 21, 1–28. https://doi.org/10.38017/1657463X.821
- Deleuze, G., & Guattari, F. (2004). El Anti-Edipo. Capitalismo y esquizofrenia. Paidós.
- Díaz, C. (n.d.). Psicología personalista logoterapéutica.
- Diaz, C. (2010). Razón cálida: la relación como lógica de los sentimientos. Escolar y Mayo.
- Díaz, C. (2018). Cuando tu sufrimiento y el mío son un mismo sufrimiento: la vida como sanación compasiva (D. DE BROUWER, Ed.). DESCLEE DE BROUWER.
- Díaz, C. (2022). Esperanza y desesperanza (Instituto Emmanuel Mounier, Ed.). Instituto Emmanuel Mounier.

- Douglas Price, J. (2014). La introducción de la teoría de los sistemas de Niklas Luhmann en la filosofía jurídica y social argentina. Problema Anuario de Filosofía y Teoría Del
- Derecho, 8, 95–124.
- Estévez, A. (2018). Biopolítica y necropolítica: ¿constitutivos u opuestos? Espiral Estudios Sobre Estado y Sociedad, 25(73), 9–43. https://doi.org/10.32870/espiral.v25i73.7017
- Faralli, C. (2007). Filosofía del Derecho Contemporánea. Temas y desafíos. Hispania Libros.
- Giraldo Patiño, P. A. (2020). El vacío existencial y la pérdida del sentido de vida en el sujeto posmoderno: retos para el cristianismo del siglo XXI. Cuestiones Teológicas, 41(96), 425–444.
- Giraux, P. A. (2012). Declaración de Lyon. Cuando la mundialización nos enloquece, por una ecología del vínculo social 22 octubre del 2011. Revista Salud Bosque, 2(2), 75–82.
- Gómez, C. (2021). El cuidado de sí en Foucault: capitalismo, economía psíquica y subjetividad. Cuestiones de Filosofía, 7(29), 79–99. https://doi.org/10.19053/01235095.v7.n29.2021.12730
- Greene, R. (2010). Las 48 leyes del poder. Atlántida.
- Güemes, C. (2019). "Wish you were here" confianza en la administración pública en Latinoamérica. Revista de Administração Pública, 53(6), 1067–1090. https://doi.org/10.1590/0034-761220180230
- Kelsen, H. (1982). Teoría pura del derecho. In 中ґ院法學期刊. UNAM.
- Luhmann, N. (2005). El derecho de la sociedad. Herder.
- MacCormick, N., & Weinberger, O. (1986). An institutional theory of law : new approaches to legal positivism (O. Weinberger, Ed.) [Book]. Reidel.
- Machado, M. C. R., & Santos, R. C. dos. (2024). Fighting corruption: A theoretical articulation of the themes of social responsibility, corporate

governance, and agency theory. Journal of Law and Corruption Review, 6, e078. https://doi.org/10.37497/CorruptionReview.6.2024.78

- Maldonado, C. (2018). Política + Tiempo = Biopolítica Complejizar la política. Ediciones desde abajo.
- Maldonado, C. (2023). Terapia y complejidad. Propuesta de una línea de investigación. Intersticios Sociales, 25, 99–113.
- Maldonado, C. (2024). Inteligencia artificial y ética. Ediciones desde abajo.
- Maldonado, C. E. (2016). El evento raro: Epistemología y complejidad. Cinta de Moebio, 56, 187–196. https://doi.org/10.4067/S0717-554X2016000200006
- Marion, J.-L. (2019). El mal en la persona. Communio. Revista Católica Internacional Edición Argentina, 2.
- Mezza-García, N. , N., & Maldonado, C. E. , C. E. (2015). Crítica al control jerárquico de los regímenes políticos: complejidad y topología. Desafios, 27(1), 121–158. https://doi.org/10.12804/desafios27.01.2015.04
- Pedemonte i Feu, B. (2019). El sujeto convocado. Estudio transversal del pensamiento de Buber, Rosenzweig, Lévinas, Marion y Ricoeur. Instituto Emmanuel Mounier.
- Sakuntala, S. S., Sarakanam, S., Dhavan, A., Taggar, R., & Kohli, G. (2024). The complexity of corruption and recent trends in information technology for combating corruption in India. Public Administration and Policy, 27(2), 126–139. https://doi.org/10.1108/PAP-05-2023-0058
- Salinas, G. S. (2022). La hermenéutica del mal: Un acercamiento fenomenológico entre Paul Ricoeur, Emmanuel Lévinas y Jean-Luc Marion. Investigaciones Fenomenológicas, 19, 189–222. https://doi.org/10.5944/rif.19.2022.34320
- Vallejo-Nágera, J. A. (1991a). Conócete a ti mismo (T. de Hoy, Ed.). Temas de Hoy.

- Vallejo-Nágera, J. A. (1991b). La puerta de la esperanza (Planeta, Ed.). Planeta.
- Wilenmann von Bernath, J. (2020). El derecho frente a la resistencia a la criminalización bajo el ejemplo de los delitos de corrupción. Política Criminal, 15(29), 310–329. https://doi.org/10.4067/S0718-33992020000100310

Epílogo

Llegar al final de este libro no implica cerrar una discusión, sino reconocer su apertura. Los textos que lo componen, en su diversidad, han puesto en evidencia algo que atraviesa de manera persistente el campo académico contemporáneo: la necesidad de revisar los modos en que pensamos, investigamos y producimos conocimiento.

A lo largo de estas páginas, la complejidad no se ha presentado como una solución, sino como un desafío. Un desafío que exige renunciar a ciertas comodidades analíticas y asumir que comprender implica, muchas veces, sostener la incertidumbre. En este sentido, el libro no ofrece un marco unificado, sino un conjunto de aproximaciones que, en su tensión, permiten vislumbrar nuevas posibilidades de pensamiento.

Quizá uno de los aportes más significativos de este recorrido sea precisamente ese: mostrar que el conocimiento no avanza únicamente por acumulación, sino también por desplazamiento. Desplazamiento de preguntas, de categorías y de formas de mirar.

Queda, entonces, en el lector la tarea de continuar este movimiento. No como una prolongación pasiva, sino como una intervención activa: retomando, cuestionando y reconfigurando lo aquí planteado. Porque si algo sugieren estos textos es que el pensamiento, cuando se toma en serio, nunca concluye.


LaSalle
Universidad