

**Trayectoria histórica, exponentes y perspectivas del
pensamiento sistémico: una revisión integradora**

**Historical trajectory, exponents and perspectives
of systems thinking: an integrative review**

Ximena Alejandrina Salazar-Guamán¹
Universidad de Cuenca - Ecuador
ximena.salazar@ucuenca.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2024.3.2352

V9-N3 (may-jun) 2024, pp 297-311 | Recibido: 01 de febrero del 2024 - Aceptado: 04 de marzo del 2024 (2 ronda rev.)

¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7486-8190>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

Ante la vasta y dispersa producción teórica sobre pensamiento sistémico, este artículo presenta una revisión integradora de su trayectoria histórico-conceptual. Mediante un exhaustivo análisis de literatura especializada, se delinea la transición desde el paradigma mecanicista cartesiano hacia aproximaciones organicistas y holísticas para entender sistemas complejos adaptativos, identificando sus raíces en biología, ecología, cibernética y física cuántica a inicios del siglo XX. Se rescatan los aportes seminales de von Bertalanffy con su Teoría General de Sistemas, Wiener con la cibernética, Ashby con la cibernética moderna y Forrester con la dinámica de sistemas. Asimismo, se examinan derivaciones posteriores hacia la complejidad, destacando contribuciones interdisciplinarias de exponentes europeos como Prigogine, Morin, Luhmann; norteamericanos como Simon, Holland, Kauffman; latinoamericanos como Maturana, Varela, García; asiáticos como Mesarovic, Takahara; y africanos como Juma. El estudio permite sistematizar conexiones entre escuelas teóricas y tendencias contemporáneas bajo un marco unificado. Los hallazgos proporcionan fundamentos históricos y conceptuales útiles para orientar investigaciones futuras sobre pensamiento sistémico y complejo.

Palabras claves: pensamiento sistémico, teoría de sistemas, complejidad, revisión histórica, interdisciplinariedad

ABSTRACT

Given the vast and scattered theoretical production on systems thinking, this article presents an integrative review of its historical-conceptual trajectory. Through an exhaustive analysis of specialized literature, it outlines the transition from the Cartesian mechanistic paradigm towards organicist and holistic approaches to understand adaptive complex systems, identifying its roots in 20th century biology, ecology, cybernetics and quantum physics. It highlights the seminal contributions of von Bertalanffy with his General Systems Theory, Wiener with cybernetics, Ashby with modern cybernetics and Forrester with system dynamics. It also examines subsequent derivations towards complexity, emphasizing interdisciplinary contributions from European exponents such as Prigogine, Morin, Luhmann; North Americans like Simon, Holland, Kauffman; Latin Americans such as Maturana, Varela, García; Asians such as Mesarovic, Takahara; and Africans like Juma. The study enables systematizing connections between fragmented theoretical schools and contemporary trends under a unified framework. The findings provide useful historical and conceptual foundations to guide future research on systems thinking and complexity.

Keywords: systems thinking, systems theory, complexity, historical review, interdisciplinarity

Introducción

El paso de las ciencias clásicas a la teoría de sistemas se relaciona con un cambio de paradigma en la forma de entender los fenómenos naturales y sociales (Maldonado, 2019; Von Bertalanffy, 1976). Las ciencias clásicas, que se desarrollaron a partir del siglo XVII, se fundamentaban en la idea de que el mundo se podía comprender mediante la separación y el análisis de sus partes (Duque Hoyos, 2001; Heylighen et al., 2007) época que podría llamarse del saber pre-disciplinar; luego se considera el paradigma que se origina en la ciencia clásica en los siglos XVII y siguientes. Se trata de ver las dificultades o limitaciones que el paradigma disciplinar del siglo XIX trae consigo y el intento de resolverlas mediante el recurso a la interdisciplinariedad, recurso que no parece resolver problemas tales como la ausencia de visión integrada e integral del saber con miras a enfocar desafíos de la vida cotidiana en su complejidad. Se examina la vía de la transdisciplinariedad, la cual se ocupa de lo que hay "entre" "a través" y "más allá" de la ciencia, pero se tropieza con el paradigma, hasta ahora dominante, de la disciplinariedad e interdisciplinariedad que difícilmente ceden terreno. Se reflexiona sobre la similitud entre las dificultades que encontró el paradigma de la ciencia cuántica y las que encuentra la visión transdisciplinar. Ambas afrontan paradojas si se les juzga con la mentalidad de la ciencia tradicional. Finalmente, se hace hincapié sobre el largo camino a recorrer hasta que quizás se regrese, en alguna medida, a lo que fue el saber pre-disciplinar, el cual incluía elementos que hoy son deseables, pero naturalmente, sin que esto signifique a renunciar completamente a lo que los paradigmas posteriores aportaron de bueno. La visión reduccionista y lineal, que nos ha mostrado un universo mecánico y manipulable (Najmanovich, 2008), dominó el pensamiento científico durante siglos, pero comenzó a ser cuestionada en el siglo XX (De la Peña Consuegra & Velázquez Ávila, 2018; Najmanovich, 2022), cuando se hizo evidente la necesidad de entender los fenómenos complejos y dinámicos característicos mundo actual.

En las últimas décadas, el interés por nuevos enfoques para abordar la creciente complejidad en múltiples disciplinas ha impulsado un rápido desarrollo de teorías, conceptos y modelos enfocados en el pensamiento sistémico y la complejidad. Sin embargo, la prolífera y dispersa producción intelectual en este campo dificulta identificar las bases y trayectorias fundamentales que estructuran este paradigma, diluyendo el potencial sinérgico entre teoría de sistemas, pensamiento complejo y ciencias de la complejidad.

Por tanto, esta investigación aborda: ¿cómo ha sido la trayectoria histórico-conceptual en la consolidación del pensamiento sistémico como paradigma integrador interdisciplinario? El objetivo es delinear genealógicamente la evolución del pensamiento sistémico y disciplinas asociadas.

A través de una investigación documental se delinea un cuadro comprehensivo de hitos fundacionales, exponentes clave, y el entretejido interdisciplinario que caracterizan el desarrollo de marcos teóricos enfocados en sistemas complejos. Este artículo de revisión constituye así una guía conceptual y genealógica para investigadores que buscan orientarse en las bases del pensamiento complejo y sistémico contemporáneo.

Método

El presente artículo se fundamenta en un enfoque cualitativo con un alcance descriptivo-interpretativo, mediante una revisión integradora de literatura sobre la trayectoria histórica y evolución del pensamiento sistémico y la teoría de la complejidad. Este diseño permite recopilar y sintetizar el estado del arte en un campo de estudio, así como construir conocimiento a partir del análisis comprehensivo de un conjunto de documentos (Souza et al., 2010).

La revisión consideró documentos en español e inglés publicados en revistas científicas arbitradas, libros y capítulos editados, priorizando aquellos escritos por expertos ampliamente reconocidos. La búsqueda bibliográfica empleó

bases de datos multidisciplinares como Web of Science, Scopus y Google Scholar, complementadas con motores especializados como Redalyc, SciELO, EBSCO y JSTOR para ampliar la cobertura a publicaciones latinoamericanas. Se utilizaron combinaciones de palabras clave tales como “sistemas complejos”, “pensamiento sistémico”, “teoría de sistemas” y “complejidad”. El proceso iterativo de búsqueda finalizó al alcanzar saturación teórica.

El análisis de contenido se realizó identificando unidades de significado y categorías conceptuales de forma sistemática (Cáceres, 2008), abordando dimensiones sobre los orígenes, desarrollo histórico, exponentes clave, trayectorias teóricas y contribuciones geográficas al estudio de la complejidad y el pensamiento sistémico. La síntesis integró holísticamente estos componentes, considerando sus interrelaciones e influencias mutuas, para construir un panorama comprehensivo sobre la evolución de este campo.

Las limitaciones del estudio se relacionan con los inevitables sesgos asociados a todo proceso interpretativo y el extenso número de publicaciones existentes sobre estas temáticas. Sin embargo, la sistematización reflexiva de la literatura posibilita ampliar la comprensión sobre este ámbito de pensamiento. Se espera que futuros análisis críticos contribuyan a enriquecer, matizar o refutar los hallazgos presentados.

Resultados

La presente sección sintetiza los hallazgos derivados de un exhaustivo análisis sistémico e integrador de la literatura relevante. Esta investigación en sí misma constituye un sistema complejo adaptable, que requirió por tanto de una aproximación igualmente sistémica, aplicando preceptos de interdependencia, causalidad circular y bucles de retroalimentación durante el análisis iterativo de contenidos.

Este enfoque holístico y multidimensional permitió identificar y estructurar los resultados dentro de un marco integral y sistematizado. Los subapartados reflejan una organización temática

que no solo abarca la evolución cronológica, sino que resalta las interconexiones y la interdependencia entre las diferentes facetas del pensamiento sistémico a través del tiempo.

La síntesis trasciende la suma de dimensiones, al revelar patrones y cualidades holísticas emergentes de este campo, capturando las no-linealidades más allá de relaciones causales simplistas. Este mapeo conceptual sistémico facilitará conectar los hallazgos con futuras investigaciones de forma acoplada y dinámica.

Origen y desarrollo inicial del pensamiento sistémico

El estudio de Capra y Luisi (2014) sientan las raíces del pensamiento sistémico en la tensión entre mecanicismo y holismo elementos claves en la conformación de la ciencia occidental. Estos autores muestran como esta perspectiva fue pionera en la biología, como producto de las extensas reflexiones de biólogos organicistas, entre los que destaca Lawrence Henderson (1878-1942), quien estableció la noción de “sistema” para abordar tanto organismos vivos como sistemas sociales, dando un enfoque integral y relacional a estos entes. Este enfoque fue posteriormente enriquecido por la psicología de la Gestalt. Christian von Ehrenfels (1859-1932) introdujo “Gestalt” para describir patrones perceptuales irreducibles, resaltando que “el todo es más que la suma de sus partes”. Este principio se convirtió en un pilar del pensamiento sistémico, poniendo énfasis en la comprensión de las propiedades del conjunto y no solo en sus partes individuales (Capra & Luisi, 2014).

Mientras que los biólogos organicistas encontraron totalidad irreducible en los organismos y los psicólogos de la Gestalt en la percepción, los ecólogos la encontraron en los estudios de comunidades de animales y plantas. La nueva ciencia de la ecología, emergida de la biología organicista a finales del siglo XIX, se centró en el estudio de las interrelaciones de los miembros del “Hogar Terrestre”, término acuñado por Ernst Haeckel. Con ello, se introdujeron los conceptos de comunidad y red en

el pensamiento sistémico, cambiando el enfoque desde los organismos individuales hacia la interdependencia y totalidad de las comunidades de organismos (Capra & Luisi, 2014).

Por último, el pensamiento sistémico permeó en la física, particularmente en la teoría cuántica. Tradicionalmente, la física había reducido todos los fenómenos a las propiedades de partículas materiales, pero la teoría cuántica obligó a aceptar que el mundo no se puede descomponer en unidades mínimas independientes. De esta forma, se reforzó la idea del pensamiento sistémico de considerar al mundo natural como una red de relaciones y una totalidad unificada, no como una mera colección de partes aisladas (Capra & Luisi, 2014).

En este contexto, el biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy es ampliamente reconocido como el autor de la primera formulación integral de los principios de organización de los sistemas vivos, conocida como Teoría General de Sistemas. Sin embargo, décadas antes Alexander Bogdanov (1873-1928), investigador médico, filósofo y economista ruso, había desarrollado una sofisticada “tektología”, o ciencia de las estructuras, con un objetivo similar. Bogdanov buscaba clarificar y generalizar los principios de organización de todas las estructuras, vivas y no-vivas, para ello definió la forma organizacional como la totalidad de conexiones entre elementos, muy similar a la definición contemporánea de patrón organizacional; además distinguió entre sistemas organizados, desorganizados y neutrales (Capra & Luisi, 2014; Gorelik, 1983). Sin embargo, esta teoría precursora es aún poco conocida en Occidente; incluso Bertalanffy no hace referencia a Bogdanov, a pesar de su amplia lectura. Fue Bertalanffy quien estableció el pensamiento sistémico como un importante movimiento científico, con sus conceptos de sistema abierto y teoría general de sistemas (Von Bertalanffy, 1972), posteriormente reforzados por la cibernética, evolucionando como una forma de investigar los sistemas independientemente de su dominio temático específico (Heylighen et al., 2007). La revisión bibliográfica lleva a reconocer que no hace mucho tiempo hablar sistemas complejos era

sinónimo de simulación computacional de abajo hacia arriba; sin embargo, en los últimos años y desde este punto de partida, hemos visto emerger otros estudios que reconocen las profundas implicaciones filosóficas de la complejidad y el valor de los métodos y metodologías cualitativos para la comprensión de problemas complejos (Richardson & Midgley, 2007). Encontramos entonces literatura en la que coexisten las matemáticas abstractas y el pluralismo crítico, así como diferentes suposiciones teóricas de las que derivan diferentes metodologías. Adicionalmente, numerosos estudios evidencian el esfuerzo o, al menos, el de interés de avanzar hacia una ciencia unificadora de todas las disciplinas científicas. No obstante, dicho avance se enfoca en la investigación de patrones organizativos comunes a diversos fenómenos, en lugar de concentrarse en sus componentes materiales compartidos.

Evolución histórica del pensamiento sistémico

Los estudios que abordan un análisis histórico en relación con el desarrollo del pensamiento sistémico proporcionan un marco contextual para comprender los cambios, tendencias actuales y líneas de trabajo en este ámbito. Se pueden identificar dos enfoques predominantes en dichos estudios: por un lado, aquellos que exploran el período anterior al surgimiento de la Teoría de Sistemas, enfocándose principalmente en las discrepancias que demuestran las diferencias con respecto a una forma de pensamiento previa (Dekker, 2016; García Cuadrado, 1995; Rapoport, 1971; Thomas, 1993); mientras que, por otro lado, algunos investigadores destacan el origen del concepto (Von Bertalanffy, 1972) y la evolución del pensamiento sistémico a partir de las primeras conceptualizaciones o de autores ampliamente reconocidos como precursores de esta corriente intelectual (Drack & Schwarz, 2010; Schwaninger, 2006; Sysomphanh & Promphakping, 2022).

A partir de los dos tipos de abordajes, se puede inferir que la teoría de sistemas ha experimentado un desarrollo continuo desde sus inicios hasta la actualidad, marcado por

diversos hitos y autores de relevancia, aspectos en los cuales es posible identificar coincidencias, aunque con leves variaciones que incluyen la incorporación de otros investigadores o ciertos desarrollos específicos según la disciplina en el marco de la cual se ha promovido el estudio.

En esta línea, lo desarrollado por Schwaninger (2006) ilustra la variedad de teorías y metodologías relacionadas con la “sistémica”, con un proceso continuo y acumulativo desde sus fundamentos hasta conceptos más contemporáneos (Ver Figura 1), evidenciando además como los temas abordados a lo largo del tiempo muestran una evolución desde conceptos más abstractos y teóricos hacia aplicaciones más prácticas y específicas, lo que explica en gran medida la vasta bibliografía existente y la necesidad de retomar una base y trayectoria que estructura este paradigma.

A pesar de que su enfoque se centra en los sistemas dinámicos complejos, concuerda con otras investigaciones en cuanto a los autores clásicos que prevalecen como referentes esenciales en la evolución de la teoría de sistemas. De esta manera, coincide en atribuir el origen de la teoría al biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy, quien, en la década de 1950, propuso la idea de sistemas como entidades interconectadas en interacción constante. Desde entonces, varios científicos e investigadores, como Norbert Wiener, Ross Ashby y Jay Forrester, han aportado de manera significativa al desarrollo de la teoría y sus derivaciones.

Principales trayectorias y ramificaciones teóricas

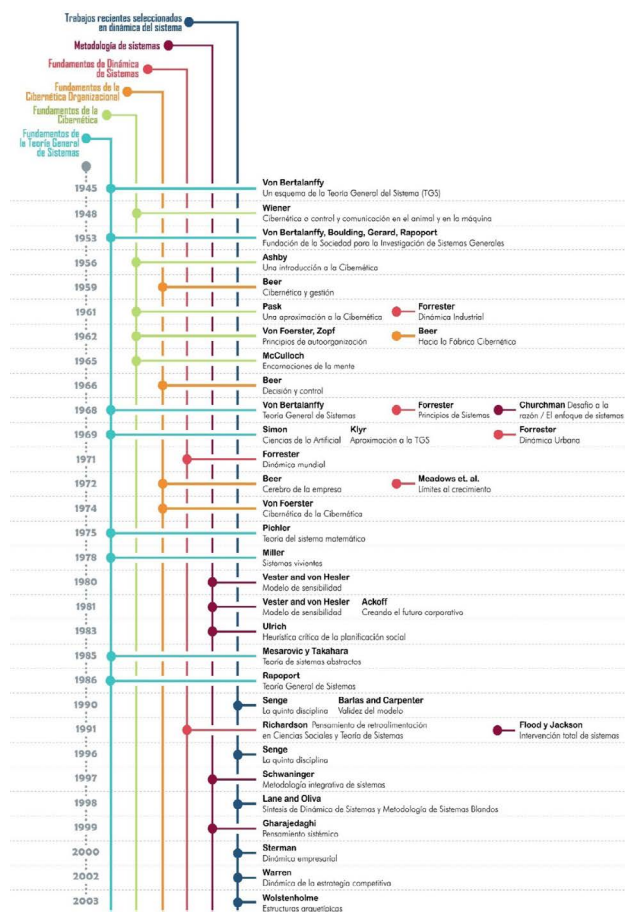
Trabajos como el llevado a cabo por Castellani y Gerrits (2020) ilustran la evolución de la ciencia de la complejidad en el tiempo a partir desde la segunda mitad del siglo XX, pero adicionalmente esquematiza las trayectorias interdisciplinarias que ha seguido, partiendo de disciplinas tradicionales, tales como la biología, la economía, la sociología, la física y la matemática, hacia áreas emergentes y aplicadas que abordan problemáticas complejas en contextos del mundo real. Este trabajo resalta

el surgimiento independiente de la Teoría de Sistemas, la Cibernética y la Teoría de Sistemas Complejos, con escasas conexiones en su evolución.

Estudios de este tipo permiten evidenciar que, coincidiendo con la percepción de Richardson (2004), la literatura, especialmente en relación con la complejidad, tiende a presentar una injustificada necesidad de diferenciar y establecer límites temáticos. Así por ejemplo, entre la Cibernética y la Teoría General de Sistemas, la controversia se centra en cambio, en sus orígenes y en la discusión acerca de cuál derivó de la otra (Drack & Pouvreau, 2015). La controversia entre “teóricos de sistemas” y “cibernéticos”, tal como indican Drack y Pouvreau (2015), es una discusión prolongada sobre si la Cibernética es una rama de la Teoría General de Sistemas o si esta es subconjunto de la primera. Sin embargo, ambas corrientes teóricas poseen raíces intelectuales de larga data y comparten ciertos antecedentes comunes (Drack & Pouvreau, 2015). En este caso, cabe mencionar que, aunque el constructivismo derivado de la cibernética de segundo orden y el perspectivismo propuesto por Bertalanffy presentan diferencias significativas, no se trata de enfoques mutuamente excluyentes en cuanto a la interpretación sistémica de la realidad (Drack & Pouvreau, 2015).

Figura 1

Hitos en la Evolución del Enfoque de Sistemas en General y de la Dinámica de Sistemas en Particular. Fuente: Elaboración propia basado en Schwaninger, M. (2006).



En tanto que, lo desarrollado por Phelan (1999), sobre la Teoría de Sistemas y la Complejidad demuestra que ambas teorías poseen una superposición conceptual, confirmando que numerosos términos tienen prácticamente la misma definición en ambas teorías, como sistema, emergencia, dinámico, no lineal, adaptativo y jerarquía. Las dos teorías también comparten la creencia de que existen principios universales que subyacen en el comportamiento de todos los sistemas (Phelan, 1999). Esta situación ha llevado a algunos expertos a plantear que ambos campos son sustancialmente similares, considerando a la teoría de la complejidad como una versión derivada de la teoría de sistemas, a tal punto que conceptos novedosos en la primera, resultan familiares en la segunda (Phelan, 1999; Richardson, 2004). Este aspecto es fundamental, ya que en el desarrollo de la base conceptual

de muchos trabajos es fundamental aclarar las ramificaciones o corrientes teóricas a seguir.

De hecho, estos enfoques pueden complementarse y enriquecerse mutuamente, lo cual evidencia la relevancia de analizar y comprender las distintas perspectivas que subyacen en el estudio de los sistemas y la cibernética. Esta complementariedad entre ambas perspectivas ha sido respaldada por otros autores como Maturana y Varela (2003), quienes subrayan la importancia de considerar tanto el constructivismo como el perspectivismo en el estudio de sistemas complejos.

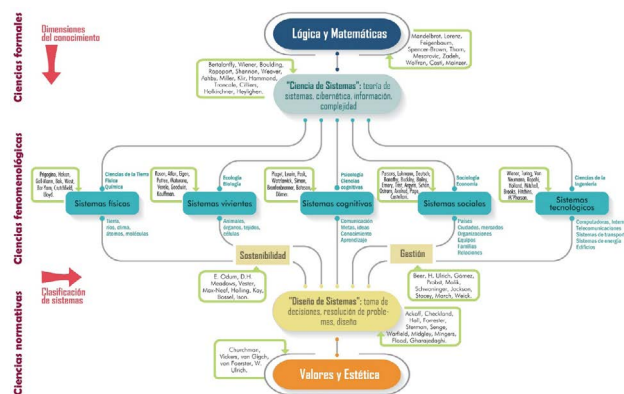
Otro estudio destacable en esta línea es el realizado por Andreas Hieronymi (2013b, 2013a), quien examina la localización de lo que denomina “ciencia de sistemas” -esencialmente refiriéndose a enfoques relacionados con el pensamiento sistémico- en el contexto de las ciencias en general y los principales autores al respecto. El análisis llevado a cabo por Hieronymi se sintetiza en un mapa conceptual (ver Figura 2) que identifica cinco campos principales de la ciencia organizados horizontalmente en torno a los siguientes conceptos: sistema físico, sistema vivo, sistema cognitivo, sistema social y sistema tecnológico. Para cada uno de estos campos, se señalan los autores más relevantes.

Finalmente, y de manera ilustrativa, se encuentran trabajos como el de Troncale (1988), que presenta un amplio espectro de contribuciones organizadas en cuatro dominios: teorías generales de sistemas, teoría de sistemas basada en disciplinas, análisis de sistemas y aplicaciones de sistemas. En tanto que, Rodríguez Zoya (2012) esboza algunas coordenadas para sistematizar y clasificar los diferentes enfoques de la complejidad, dividiéndolos en tres períodos analíticos: el primer período (1950-1975) establece teorías pioneras y algoritmos complejos, el segundo período (1975-1985) desarrolla la obra de Edgar Morin y el pensamiento complejo; y, el tercer período se enfoca en técnicas computacionales para la modelización y simulación de sistemas complejos (Rodríguez Zoya, 2012).

Revisiones como la de Newman también evidencian lo amplio que es el campo de estudios de los sistemas complejos, quien plantea ocho grandes temas relevantes que destaca: redes, sistemas dinámicos, dinámica discreta y autómatas celulares, escalamiento y criticidad, adaptación y teoría de juegos, teoría de la información, complejidad computacional; y, modelado basado en agentes (Newman, 2011).

Figura 2

La función de la ciencia de sistemas en el campo de las ciencias y sus principales exponentes. Fuente: Elaboración y traducción propia, adaptado de Hieronymi, 2013, pp. 583-584.



Contribuciones geográficas al pensamiento sistémico

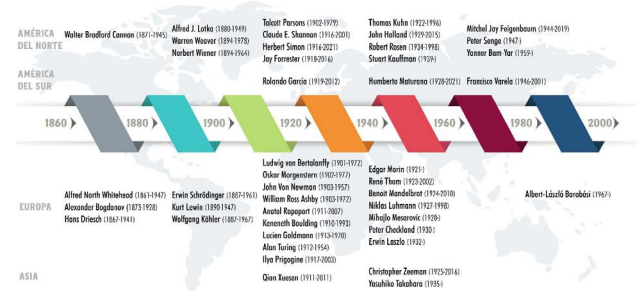
Hasta aquí, han surgido diversos nombres y planteamientos, sin embargo, y con el objetivo de complementar este estado de arte, se contextualizan los diferentes aportes según su región geográfica de origen. Con ello es posible comprender y valorar el alcance global de la teoría de sistemas, así como apreciar cómo los diversos aportes han configurado el panorama actual y han propiciado avances en múltiples disciplinas y áreas de estudio (Ver Figura 3). Esta perspectiva continental permite ver la diversidad cultural y contextual en la generación de ideas, y por tanto, enriquecer el marco teórico con perspectivas de una amplia variedad de orígenes. De esta revisión brevemente podemos destacar lo siguiente en términos geográficos:

En Europa, la Teoría de Sistemas ha experimentado un desarrollo significativo en

áreas como la biología, la sociología, la filosofía y la cibernética. A lo largo del tiempo, los aportes de autores como Ludwig von Bertalanffy (1976), Niklas Luhmann (Luhmann et al., 1998), Ilya Prigogine (1996) y Edgar Morin (1994) se han inclinado hacia la comprensión de sistemas biológicos, sociales y culturales. Recientemente, algunos de los esfuerzos se han integrado en iniciativas como el Centro Bertalanffy para el Estudio de Ciencias de Sistemas (bcsss.org) en Austria, o el Centro de Filosofía de Sistemas en el Reino Unido (systemsphilosophy.org).

Figura 3

Secuencia temporal de figuras clave en el desarrollo del estudio de sistemas complejos



En América del Norte, la Teoría de Sistemas ha sido ampliamente adoptada y desarrollada en diversas disciplinas, como la biología, ingeniería, ciencias sociales y computación. Uno de los precursores en este campo fue el estadounidense Jay Wright Forrester, quien desarrolló la dinámica de sistemas en la década de 1950, un enfoque aplicado en el estudio de sistemas socioeconómicos y organizacionales. Destaca asimismo el trabajo de Norbert Wiener (1948) first published in 1948, Norbert Wiener laid the theoretical foundations for the multidisciplinary field of cybernetics, the study of controlling the flow of information in systems with feedback loops, be they biological, mechanical, cognitive, or social. At the core of Wiener's theory is the message (information, quien sentó las bases de la cibernética y la teoría de la información; Murray Gell-Mann, quien propuso la teoría de la complejidad y la complejidad de la teoría en la física, y de Stuart Kauffman, quien ha trabajado en la teoría de la complejidad biológica y la autoorganización. Entre las instituciones destacadas en este campo

se encuentran el Massachusetts Institute of Technology (complex.mit.edu/) y el Instituto de Santa Fe (santafe.edu), que han realizado investigaciones pioneras en áreas como la teoría de sistemas adaptativos complejos.

En América Latina, el abordaje de los sistemas complejos ha experimentado un rápido crecimiento y adopción en diversas disciplinas. Humberto Maturana y Francisco Varela han propuesto una visión autopoietica de los sistemas complejos, que destaca la autoorganización y la autoproducción como propiedades fundamentales de los sistemas vivos. Por su parte, Marcelo Arnold contribuyó en el desarrollo de lo que él denomina “programa sociopoietico de observación”, el cual se basa en una epistemología fundamentada en el enfoque sistémico-constructivista. Está además el trabajo de Rolando García (2006), quien plantea un enfoque teórico-metodológico para la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, fundamentado en la epistemología constructivista de Jean Piaget. La formalización de la integración de esfuerzos se ve en el creciente número de centros e institutos que trabajan sobre esta temática a nivel de Latinoamérica, por el ejemplo el Centro de Ciencias de la Complejidad (c3.unam.mx) y el Departamento de Sistemas Complejos (fisica.unam.mx/investigacion/departamentos/sistemas_complejos) de la UNAM, el Instituto de Sistemas Complejos de Valparaíso (sistemascomplejos.cl), el Instituto de Filosofía y Ciencias de la Complejidad (ificc.cl), u organismos como la Fundación Sicomoro que se dedica al estudio de la Teoría General de Sistemas (www.fundacionsicomoro.org), por citar apenas algunos ejemplos.

En Asia, autores e han destacado autores como Qian Xuesen, quien contribuyó al desarrollo del método de metasíntesis (Gu & Tang, 2005), , el cual tiene como objetivo abordar problemas de sistemas complejos a gran escala, especialmente en el estudio de los sistemas sociales, el cuerpo humano como sistema y el sistema geográfico (Xuesen et al., 1993). Por otro lado, Yasuhiko Takahara, tras completar su investigación con Mesarovic (Mesarovic & Takahara, 1975, 1989; Takahara

& Mesarovic, 2003) sobre la teoría general de sistemas matemáticos, trabajó en el concepto y la teoría de los sistemas generales, centrados en la investigación de sistemas formales. Su objetivo fue proyectar la teoría matemática general de sistemas desde la metateoría al mundo real, con el fin de construir conocimiento no solo en la teoría (episteme), sino también en la ingeniería (techne) y la práctica (phronesis) (Kijima et al., 2022).

En África, uno de los autores más destacados es George Ellis; su trabajo se centra en el surgimiento de la complejidad y cómo este fenómeno es posible gracias a la causalidad descendente en la jerarquía de la complejidad (Ellis, 2005, 2008, 2016). Autores como el keniano Calestous Juma han abordado la complejidad de los sistemas tecnológicos y su relación con el desarrollo sostenible (Juma, 2016; Juma & Mangeni, 2018). Por otro lado, Tshilidzi Marwala es conocido por sus trabajos en inteligencia artificial (Marwala, 2010), teoría de control (Marwala, 2007) y sistemas complejos (Paul et al., 2012). Además, el creciente interés en las matemáticas, las ciencias de la computación, entre otros campos, incluidos los sistemas complejos, ha llevado a la creación del Instituto Africano de Ciencias Matemáticas (AIMS, por sus siglas en inglés). El AIMS (nexteinstein.org) representa la primera y más amplia red de centros de excelencia en África dedicados a la formación innovadora de posgrado en ciencias matemáticas y al fomento de la investigación.

Síntesis de contribuciones teóricas

De forma general se puede deducir que, aunque a lo largo de este proceso, la literatura disponible muestra los diversos planteamientos relacionados con la teoría de sistemas que han emergido, todas estas corrientes y enfoques coinciden en considerar su objeto de estudio como un sistema (Pan et al., 2013), en que los sistemas están compuestos por un gran número de elementos interconectados e interdependientes (Cilliers, 1998), manifiestan comportamientos y propiedades emergentes que no pueden ser entendidos o explicados únicamente mediante el análisis de sus componentes individuales

(García, 2006). También buscan estudiar cómo funcionan y evolucionan los sistemas a lo largo del tiempo, cómo se adaptan y se autoorganizan en respuesta a cambios en su entorno, y cómo las interacciones y retroalimentación entre los elementos del sistema generan propiedades y comportamientos emergentes.

Estos enfoques enfatizan la importancia de adoptar una perspectiva holística y sistémica en la investigación y el análisis de fenómenos y problemas en diversas disciplinas y contextos. Reconocen la necesidad de la inter y transdisciplinariedad, dado que ninguna disciplina aislada posee los recursos teóricos y metodológicos suficientes para abordar problemáticas graves que requieren respuestas alternativas o posibles soluciones (Luengo González, 2018). Al comprender que los sistemas y problemas complejos no se limitan a una única disciplina, estos enfoques fomentan el intercambio de ideas, conceptos y métodos entre investigadores de diferentes áreas, lo cual contribuye a la generación de nuevos conocimientos y avances en el estudio de sistemas y fenómenos complejos.

Por tanto, la diversidad de planteamientos para comprender y representar el comportamiento en sistemas complejos se presenta como una evolución natural para la investigación de sistemas (Cooksey, 2001), al mismo tiempo que refleja la riqueza y complejidad de su objeto de estudio, así como la variedad de perspectivas desde las cuales puede ser abordado. Nos hallamos frente a un enfoque relativamente novedoso en el ámbito científico, pero que cuenta con una extensa bibliografía, por lo que pretender reunir y organizar toda la información generada es por demás ambicioso, sin embargo, hay intentos por sistematizar y mostrar una visión general de lo avanzado.

Indudablemente abarcar todo lo desarrollado y encontrar conexiones resulta una tarea titánica, pues estamos frente a una literatura bastante fragmentada (Drack & Schwarz, 2010), más aún si se añade el componente geográfico, los campos de estudio, entre otros. Por ello, y aunque el objetivo de este trabajo no es

profundizar sobre las fuentes del pensamiento sistémico o realizar un inventario detallado de autores, tarea titánica como afirma Hammond (2002, 2010) y Preiser (2019), la exploración de la evolución histórica de la teoría de sistemas desde su origen, así como la revisión de sus múltiples ramificaciones teóricas y principales exponentes, permite identificar y resaltar los aportes más significativos en este campo. Esta revisión no solo proporciona una comprensión más profunda de cómo se han desarrollado y refinado las ideas en torno a la teoría de sistemas, sino que también evidencia cómo los enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios han enriquecido y expandido su alcance (Grant, 2003).

En síntesis, toda esta revisión sistemática de la literatura nos permite mostrar un estado de arte que confirma la vasta cantidad de contribuciones a lo largo del tiempo en el campo de la teoría de sistemas y que se ha caracterizado por seguir un proceso continuo y sostenido, abordando diversos dominios en los que se evidencia la coexistencia de matemáticas abstractas y pluralismo crítico (Ver Tabla 1). Tal como Doyne Farmer sugiere, en una analogía hasta cierto punto alegórica citada por Newman, “la teoría de los sistemas complejos no es una novela, sino una serie de cuentos” (Newman, 2011, p. 4), en la que evidentemente existe un gran potencial para la complementariedad y enriquecimiento mutuo en el estudio de sistemas complejos.

El amplio acervo bibliográfico, compuesto por autores que han desempeñado un papel crucial en el desarrollo de la teoría de sistemas, se convierte en el fundamento teórico para la construcción de una base conceptual sólida. Al tener esta sistematización de autores se facilita la contextualización de cualquier investigación dentro de este repertorio de textos, con ello es posible alcanzar una mayor coherencia y continuidad en el marco conceptual, al situarse dentro de un corpus teórico previamente establecido, con el propósito de enriquecer y profundizar el análisis evitando, diluir esfuerzos en exploraciones que carecen de una fundamentación sólida y solvente.

Es relevante aclarar que este trabajo no implica desestimar las contribuciones de autores ya sea menos consolidados o contemporáneos que de manera constante están ampliando y refinando la comprensión de los sistemas complejos. En realidad, se busca en primer lugar, para manejar adecuadamente y ordenar los constructos teóricos que han desarrollado estos autores, evitando así posibles confusiones conceptuales y malinterpretaciones frecuentemente derivadas de una incorrecta operacionalización de sus teorías y conceptos. En segundo lugar, sirve como estrategia para delimitar la búsqueda en el vasto océano de información.

Ver Tabla 1.

Conclusiones y discusión

La convergencia de disciplinas como la teoría de sistemas, el pensamiento complejo, la cibernética y las ciencias de la complejidad, resalta la riqueza de enfoques y metodologías en el análisis de fenómenos complejos. Esta integración promueve una comprensión más profunda y completa, subrayando la importancia de las formalizaciones matemáticas abstractas y el pluralismo crítico. La complementariedad de estos campos ofrece un camino prometedor para abordar desafíos contemporáneos en una variedad de disciplinas, demostrando la relevancia y el potencial de enfoques interdisciplinarios.

El desarrollo del pensamiento sistémico, trazado desde sus orígenes en biología, ecología, cibernética y física cuántica, refleja un rico tapiz de evolución intelectual y colaboración global. Las contribuciones seminales de figuras como von Bertalanffy, Wiener, Ashby y Forrester, junto con las aportaciones interdisciplinarias de diversas regiones, han enriquecido este campo, evidenciando cómo la diversidad de perspectivas y contextos culturales fortalece el desarrollo teórico y práctico.

Adoptar enfoques holísticos y sistémicos en la investigación es crucial en un mundo donde los fenómenos son cada vez más interconectados. Esta perspectiva permite una comprensión más amplia y efectiva de los problemas complejos, destacando la interrelación y la interdependencia

de los sistemas. La relevancia de estos enfoques se extiende a través de múltiples disciplinas, ofreciendo soluciones innovadoras y sostenibles a los problemas contemporáneos.

El campo del pensamiento sistémico y las ciencias de la complejidad enfrenta desafíos continuos, incluyendo la necesidad de metodologías más integradoras y la aplicación de estos enfoques en nuevos ámbitos. Hay una oportunidad significativa para la expansión y profundización de estas disciplinas, particularmente en la colaboración interdisciplinaria y en la aplicación práctica de teorías a problemas globales. El futuro del pensamiento sistémico se perfila como un área dinámica y en evolución, con un potencial considerable para contribuir a la solución de problemas complejos en el siglo XXI.

Los hallazgos y análisis presentados en este trabajo constituyen una referencia valiosa para investigadores y teóricos futuros. Este estudio proporciona un marco sólido y diverso para el desarrollo de nuevos estudios y teorías, ofreciendo una base desde la cual se pueden explorar y expandir conceptos relacionados con el pensamiento sistémico y las ciencias de la complejidad. Su enfoque interdisciplinario y global es especialmente relevante para abordar los retos multifacéticos del mundo actual.

Referencias bibliográficas

- Cáceres, P. (2008). Análisis cualitativo de contenido: Una alternativa metodológica alcanzable. *Psicoperspectivas. Individuo y Sociedad*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.5027/psicoperspectivas-Vol2-Issue1-fulltext-3>
- Capra, F., & Luisi, P. L. (2014). *The systems view of life: A unifying vision*. Cambridge University Press.
- Castellani, B., & Gerrits, L. (2020). *Macroscopic, trans-disciplinary introduction to the complexity sciences*. <https://www.art-sciencefactory.com/MapLegend.html>
- Cilliers, P. (1998). *Complexity and Postmodernism: Understanding*

Tabla 1

Principales exponentes y aportes al desarrollo del pensamiento sistémico.

Autor	Origen	Área de especialización	Contribución
Alfred J. Lotka (1880-1949)	Austria	Matemático, químico-físico, estadístico	Teoría analítica de las asociaciones biológicas
Claude E. Shannon (1916-2001)	EEUU	Matemático, ingeniero eléctrico	Teoría de la información
Herbert Simon (1916-2021)	EEUU	Economista, politólogo	Sistema de decisiones
Jay Forrester (1918-2016)	EEUU	Ingeniero	Dinámica de sistemas
John Holland (1929-2015)	EEUU	Matemático, científico de la computación	Algoritmos genéticos
Mitchel Jay Feigenbaum (1944-2019)	EEUU	Matemático, físico	Teoría del caos
Norbert Wiener (1894-1964)	EEUU	Matemático, filósofo	Cibernética
Peter Senge (1947-)	EEUU	Ingeniero	Gestión organizacional utilizando pensamiento sistémico
Robert Rosen (1934-1998)	EEUU	Matemático, biólogo	Teoría de la Complejidad Categorial
Stuart Kauffman (1939-)	EEUU	Médico, biólogo	Autoorganización y teoría de redes booleana
Talcott Parsons (1902-1979)	EEUU	Sociólogo	Teoría de la acción social y Teoría de sistemas sociales
Thomas Kuhn (1922-1996)	EEUU	Físico, filósofo, historiador	Nueva filosofía de la naturaleza
Walter Bradford Cannon (1871-1945)	EEUU	Fisiólogo	Homeostasis
Warren Weaver (1894-1978)	EEUU	Matemático, teórico de la informática, estadístico	Teoría de la información
Yanner Bam-Yar (1959-)	EEUU	Físico	Dinámica de sistemas multiescales
Rolando García (1919-2012)	Argentina	Físico, meteorólogo	Teoría de Sistemas Complejos
Francisco Varela (1946-2001)	Chile	Biólogo, filósofo	Autopoiesis
Humberto Maturana (1928-2021)	Chile	Biólogo, filósofo, escritor	Autopoiesis
Marcelo Arnold Cathalifaud	Chile	Antropólogo social	Sociopoiesis
Qian Xuesen (1911-2011)	China	Matemático	Metasíntesis
Christopher Zeeman (1925-2016)	Japón	Matemático	Teoría de las Catástrofes
Yasuhiko Takahara (1935-)	Japón	-	Fundamentos matemáticos de la teoría general de sistemas
Hans Driesch (1867-1941)	Alemania	Filósofo, biólogo	Equifinalidad
Kurt Lewin (1890-1947)	Alemania	Psicólogo, filósofo	Teoría de los campos
Niklas Luhmann (1927-1998)	Alemania	Sociólogo	Teoría de los Sistemas Sociales
Oskar Morgenstern (1902-1977)	Alemania	Economista, matemático	Teoría de Juegos
Erwin Schrödinger (1887-1961)	Austria	Físico	Termodinámica
Ludwig von Bertalanffy (1901-1972)	Austria	Biólogo, filósofo	Teoría General de Sistemas
Wolfgang Köhler (1887-1967)	Estonia	Psicólogo	Teoría General de Sistemas
Edgar Morin (1921-)	Francia	Filósofo, sociólogo	Sistemas complejos
René Thom (1923-2002)	Francia	Matemático	Teoría de las catástrofes
Erwin Laszlo (1932-)	Hungría	Filósofo, teórico	Filosofía de sistemas Metafísica sistémica
John Von Newman (1903-1957)	Hungría	Matemático, ingeniero	Teoría de Juegos
Keneneth Boulding (1910-1993)	Inglaterra	Economista	La teoría general de sistemas y la estructura científica
Benoit Mandelbrot (1924-2010)	Polonia	Matemático	Geometría fractal
Alan Turing (1912-1954)	Reino Unido	Matemático	Teoría de la computación Teoría de los autómatas
Alfred North Whitehead (1861-1947)	Reino Unido	Matemático, filósofo	Teoría del proceso
Peter Checkland (1930-)	Reino Unido	Químico	Metodología de sistemas blandos
William Ross Ashby (1903-1972)	Reino Unido	Psiquiatra, neurólogo	Cibernética Moderna
Albert-László Barabási (1967)	Rumania	Físico	Redes libres de escala
Lucien Goldmann (1913-1970)	Rumania	Filósofo, sociólogo	Totalidad
Alexander Bogdanov (1873-1928)	Rusia	Médico, filósofo, economista	Tectología
Anatol Rapoport (1911-2007)	Rusia	Matemático, psicólogo	Teoría de redes
Ilya Prigogine (1917-2003)	Rusia	Químico	Estructuras disipativas
Mihajlo Mesarovic (1928-)	Serbia	Ingeniero	Teoría de sistemas jerárquicos

- Complex Systems*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203012253>
- Cooksey, R. W. (2001). What Is Complexity Science? A Contextually Grounded Tapestry of Systemic Dynamism, Paradigm Diversity, Theoretical Eclecticism. *Emergence*, 3(1), 77–103. https://doi.org/10.1207/S15327000EM0301_06
- De la Peña Consuegra, G., & Velázquez Ávila, R. M. (2018). Algunas reflexiones sobre la teoría general de sistemas y el enfoque sistémico en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Educación Superior*, 37(2), 31–44.
- Dekker, S. (2016). *Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315257396>
- Drack, M., & Pouvreau, D. (2015). On the history of Ludwig von Bertalanffy's "General Systemology", and on its relationship to cybernetics – part III: Convergences and divergences. *International Journal of General Systems*, 44(5), 523–571. <https://doi.org/10.1080/03081079.2014.1000642>
- Drack, M., & Schwarz, G. (2010). Recent developments in general system theory. *Systems Research and Behavioral Science*, 27(6), 601–610. <https://doi.org/10.1002/sres.1013>
- Duque Hoyos, R. (2001). Disciplinariedad, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad –Vínculos y límites–. *Semestre económico*, 4(7), 6.
- Ellis, G. (2005). Physics, complexity and causality. *Nature*, 435(7043), Article 7043. <https://doi.org/10.1038/435743a>
- Ellis, G. (2008). On the nature of causation in complex systems. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 63(1), 69–84. <https://doi.org/10.1080/00359190809519211>
- Ellis, G. (2016). *How Can Physics Underlie the Mind?* Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49809-5>
- García Cuadrado, A. (1995). Notas sobre la teoría general de sistemas. *Revista General de Información y Documentación*, 5(1), Article 1.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa Mexicana S.A.
- Gorelik, G. (1983). Bogdanov's Tektology: Its Nature, Development and Influence. *Studies in Soviet Thought*, 26(1), 39–57. <https://doi.org/10.1007/BF00832210>
- Grant, R. M. (2003). Strategic planning in a turbulent environment: Evidence from the oil majors. *Strategic Management Journal*, 24(6), 491–517. <https://doi.org/10.1002/smj.314>
- Gu, J., & Tang, X. (2005). Meta-synthesis approach to complex system modeling. *European Journal of Operational Research*, 166(3), 597–614. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.03.036>
- Hammond, D. (2002). Exploring the genealogy of systems thinking. *Systems Research and Behavioral Science*, 19(5), 429–439. <https://doi.org/10.1002/sres.499>
- Hammond, D. (2010). *The Science of Synthesis: Exploring the Social Implications of General Systems Theory*. University Press of Colorado.
- Heylighen, F., Cilliers, P., & Gershenson, C. (2007). Philosophy and complexity. En *Complexity, Science and Society* (pp. 117–134). CRC Press.
- Hieronymi, A. (2013a). The Integration Challenge for the Systems Sciences: Highlighting Internal and External Interconnections. *Proceedings of the 56th Annual Meeting of the ISSS - 2012, San Jose, CA, USA*. <https://journals.iss.org/index.php/proceedings56th/article/view/1823>
- Hieronymi, A. (2013b). Understanding Systems Science: A Visual and Integrative Approach. *Systems Research and Behavioral Science*, 30(5), 580–595. <https://doi.org/10.1002/sres.2215>

- Juma, C. (2016). *Innovation and Its Enemies: Why People Resist New Technologies*. Oxford University Press.
- Juma, C., & Mangeni, F. (2018). *African Regional Economic Integration: The Emergence, Evolution, and Impact of Institutional Innovation* (SSRN Scholarly Paper 3130969). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3130969>
- Kijima, K., Iijima, J., Sato, R., Deguchi, H., & Nakano, B. (Eds.). (2022). *Systems Research I: Essays in Honor of Yasuhiko Takahara on Systems Theory and Modeling* (Vol. 26). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-9937-5>
- Luengo González, E. (2018). *Las vertientes de la complejidad: Pensamiento sistémico, ciencias de la complejidad, pensamiento complejo, paradigma ecológico y enfoques holistas*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2818753>
- Luhmann, N., Pappe, S., & Erker, B. (1998). *Sistemas sociales: Lineamientos para una teoría general* (2a. ed). Anthropos.
- Maldonado, C. E. (2019). Tres razones de la metamorfosis de las ciencias sociales en el siglo XXI. *Cinta de moebio*, 64, 114–122. <https://doi.org/10.4067/s0717-554x2019000100114>
- Marwala, T. (2007). *Control of Complex Systems Using Bayesian Networks and Genetic Algorithm* (arXiv:0705.1214). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.0705.1214>
- Marwala, T. (2010). *Finite-element-model Updating Using Computational Intelligence Techniques*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-323-7>
- Maturana, H., & Varela, F. (2003). *El árbol del conocimiento: Las bases biológicas del entendimiento humano* (1ª ed). Lumen.
- Mesarovic, M. D., & Takahara, Y. (1975). *General Systems Theory: Mathematical Foundations*. Academic Press.
- Mesarovic, M. D., & Takahara, Y. (Eds.). (1989). *Abstract Systems Theory* (Vol. 116). Springer. <https://doi.org/10.1007/BFb0042462>
- Morin, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=33960>
- Najmanovich, D. (2008). *Mirar Con Nuevos Ojos Nuevos Paradigmas en la Ciencia Y Pensamiento Complejo*. Biblos.
- Najmanovich, D. (2022). Complejidad de la complejidad vistas desde Abya Yala. *Revista Ciencias de la Complejidad*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.48168/cc012022-003>
- Newman, M. E. J. (2011). Complex Systems: A Survey. *American Journal of Physics*, 79(8), 800–810. <https://doi.org/10.1119/1.3590372>
- Pan, X., Valerdi, R., & Kang, R. (2013). Systems Thinking: A Comparison between Chinese and Western Approaches. *Procedia Computer Science*, 16, 1027–1035. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.108>
- Paul, S., Twala, B., & Marwala, T. (2012). Organizational adaptation to Complexity: A study of the South African Insurance Market as a Complex Adaptive System through Statistical Risk Analysis. *Systems Engineering Procedia*, 4, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.sepro.2011.11.043>
- Phelan, S. E. (1999). A Note on the Correspondence Between Complexity and Systems Theory. *Systemic Practice and Action Research*, 12(3), 237–246. <https://doi.org/10.1023/A:1022495500485>
- Preiser, R. (2019). Identifying general trends and patterns in complex systems research: An overview of theoretical and practical implications. *Systems Research and Behavioral Science*, 36(5), 706–714. <https://doi.org/10.1002/sres.2619>
- Prigogine, I. (1996). *El fin de las certidumbres*. Andrés Bello.

- Rapoport, A. (1971). Teoría General de los sistemas. *El Pensamiento Critico*, 47, 76–91.
- Richardson, K. A. (2004). Systems theory and complexity: Part 1. *Emergence: Complexity and Organization*, 6(3), 75–80.
- Richardson, K. A., & Midgley, G. (2007). Systems theory and complexity: Part 4 the evolution of systems thinking. *Emergence: Complexity and Organization*, 9(1–2), 163–179.
- Rodríguez Zoya, L. (2012). Sistemas complejos y conocimiento emancipador en América Latina. Notas acerca del rol social y político de un programa de investigación científica de larga duración. *Revista Pacarina del Sur: Revista Crítica de Pensamiento Latinoamericano*, octubre-diciembre(13).
- Schwaninger, M. (2006). System dynamics and the evolution of the systems movement. *Systems Research and Behavioral Science: The Official Journal of the International Federation for Systems Research*, 23(5), 583–594. <https://doi.org/10.1002/sres.800>
- Souza, M. T. de, Silva, M. D. da, & Carvalho, R. de. (2010). Revisão integrativa: O que é e como fazer. *einstein (São Paulo)*, 8, 102–106. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>
- Sysomphanh, K., & Promphakping, B. (2022). Application of systems theory to explore knowledge gaps of standardization: A case of the standard organization of LAO PDR. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 43(4), Article 4.
- Takahara, Y., & Mesarovic, M. (2003). *Organization Structure: Cybernetic Systems Foundation*. Springer Science & Business Media.
- Thomas, J. (1993). La teoría general de sistemas. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 4(1–2), Article 1–2.
- Troncale, L. (1988). The systems sciences: What are they? are they one, or many? *European Journal of Operational Research*, 37(1), 8–33. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(88\)90277-9](https://doi.org/10.1016/0377-2217(88)90277-9)
- Von Bertalanffy, L. (1972). The History and Status of General Systems Theory. *The Academy of Management Journal*, 15(4), 407–426. <https://doi.org/10.2307/255139>
- Von Bertalanffy, L. (1976). *Teoría general de los sistemas* (J. Almela, Trad.; Primera edición en español, Vol. 336). Fondo de Cultura Económica.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT Press. https://uberty.org/wp-content/uploads/2015/07/Norbert_Wiener_Cybernetics.pdf
- Xuesen, Q., Jingyuan, Y., & Ru-wei, D. (1993). A new discipline of science—The study of open complex giant system and its methodology. *Journal of Systems Engineering and Electronics*. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-new-discipline-of-science-%E2%80%94-The-study-of-open-and-Xuesen-Jingyuan/67b87512dff1bf0334a67eead178c113e23a29f7>