



Revisión de la literatura

# Ciencias de la complejidad como una herramienta en las ciencias de la salud

Fernando Tenorio Rocha<sup>1</sup>, Luis Adolfo Torres González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>. Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León. UNAM.

<sup>2</sup>. Universidad Iberoamericana León, Guanajuato.

## Autor de correspondencia

Fernando Tenorio Rocha  
Miguel Bernal Jiménez 107,  
Acrópolis, 37020  
León Guanajuato, México.  
E-mail: ftenorioenes@gmail.com

**Fecha recibido:** enero 2021

**Fecha aceptado:** febrero 2021

## Citar como:

Tenorio Rocha F, Torres González LA. Ciencias de la complejidad como una herramienta en las ciencias de la salud. *Rev Odont Mex.* 2022; 26(2): 3-9. DOI: 10.22201/fo.1870199xp.2022.26.2.87315

## Resumen

**Introducción:** la ciencia de la complejidad ha sido descrita por los científicos como la ciencia del siglo XXI, la cual no niega la teoría científica del pasado y la enorme contribución de grandes científicos a lo largo de la historia, sino que ve más allá, reconociendo la importancia de las interdependencias y el contexto de cada fenómeno. **Objetivo:** describir las características propias de la ciencia de la complejidad y su relación con el área de la salud. **Material y métodos:** se llevó a cabo una revisión del estado del arte referente a la ciencia de la complejidad y sistemas complejos y su relación con las ciencias de la salud. **Resultados:** la complejidad fue concebida a partir de diversas tendencias académicas, fue un término acuñado por Edgar Morin, y consiste en comprender los factores que influyen en las decisiones individuales, que, para el caso de las ciencias de la salud,

hace referencia a características complejas del fenómeno, no del todo utilizado en el área de la investigación. **Conclusión:** la contribución de este documento consiste en describir las características de esta área, así como identificar las áreas de oportunidad en las ciencias de la complejidad en el ámbito de las ciencias de la salud.

**Palabras clave:** complejidad, sistemas complejos, ciencias de la salud.

## COMPLEJIDAD Y SISTEMAS COMPLEJOS

El término 'complejidad' deriva de la palabra latina *complexus*, formada por el prefijo *con* "junto" y *plectere* "entrelazar"; que, en su modo de cualidad, complejidad se refiere a estar enteramente enredado o difícil de comprender. Articula una visión particular de ver, pensar y entender los fenómenos en el mundo, la cual intenta la comprensión de un conjunto basado en el conocimiento de sus partes individuales, las cuales exhiben propiedades diferentes a las que se muestran en el contexto del conjunto<sup>1</sup>. Estas partes individuales son integradas por numerosos componentes o agentes, los cuales son contenidos dentro de un límite que lo separa de otros sistemas. Por lo tanto, cada sistema es parte de un suprasistema que contiene más subsistemas, que reciben información de su entorno externo y proporcionan productos de salida<sup>1, 2</sup>. Asimismo, se ha considerado a la complejidad como una forma de entender la no linealidad, donde la causalidad es problemática y multifacética y donde los comportamientos emergentes<sup>3</sup> son la norma<sup>4</sup>. Los conceptos manejados en las ciencias de la complejidad promueven un impulso de las interacciones no lineales de causa y efecto, siendo estas impredecibles, pues se desarrollan con el tiempo, dando como resultado situaciones emergentes dentro del sistema<sup>3</sup>.

La complejidad fue desarrollada a partir de variadas tendencias académicas<sup>4</sup>, así como de diversas áreas del conocimiento, como las ciencias sociales, las humanidades y las ciencias biológicas, haciendo posible entender diversos sistemas, ya que, por medio de esta, es posible identificar elementos comunes, patrones de comportamiento, de sistemas que pueden estar integrados por diversos actores, en los cuales, en el caso de observar fenómenos biológicos, pueden incluirse, personas, animales, sociedades, especies o bacterias, también conocidos con el término de sistemas adaptativos complejos (SAC o CAS, por sus siglas en inglés)<sup>4, 5</sup>. Por citar otros ejemplos de sistemas tan complejos, mencionamos los ecosistemas, que se sabe cambian de un estado forestal a un estado pantanoso, o el mercado financiero, que puede experimentar un colapso repentino<sup>6</sup>.

Para Edgar Morin, citado por Pagani<sup>7</sup>, la realidad es concebida como compleja y todos aquellos elementos que la constituyen se entrelazan, generando un comportamiento inteligible, no algorítmico ni predecible. Perona en 2005 hace referencia a una inexistente definición de la complejidad dada la visión desde distintas disciplinas, entre ellas las ciencias de la salud; esta definición general de complejidad que solo puede ser aproximada mediante la adición de diferentes definiciones<sup>8</sup>. Autores como Serna en 2015 y Maldonado en 2004 proponen que el surgimiento del pensamiento complejo marca un antes y un después en el progreso del trabajo científico, con la finalidad de posicionar sus principios como un reemplazo al obsoleto método científico cartesiano; sin embargo, no se ha logrado consolidar como un paradigma propiamente dicho<sup>9, 10</sup>.

Propiedades de un sistema complejo	
I	Agentes biológicos, psíquicos y sociales que tienen motivos intencionales u objetivos que son diversos, dinámicos, con prioridades diferentes y pueden ser contradictorios.
II	Agentes que al actuar modifican la realidad y son modificados por ésta.
III	Fenómenos que ocurren en una parte del sistema y que afectan de manera altamente no lineal a todo el sistema.
IV	Tienen propiedades emergentes, estas surgen apartir de las interacciones entre ellos.
V	Presentan procesos de auto-organización en los todos los agentes.
VI	Presentan estados de caos y horizontes de predictibilidad.
VII	Tienen agentes y colectivos que presentan percepción, homeostasis, acción, adaptación y resiliencia.

Figura 1. Componentes que integran un sistema complejo, con información de Aldana (2006) y Lara (2016)<sup>12, 13</sup>.

Este paradigma se ha visto obligado a adecuar su composición, a su paso por fenómenos como la termodinámica, la teoría del caos, la geometría de fractales, la teoría de las catástrofes, las lógicas no clásicas, etcétera, fenómenos caracterizados por su inestabilidad, fluctuación, sinergia, emergencia, autoorganización, no linealidad<sup>3</sup>, y su retroalimentación positiva y negativa, equilibrios dinámicos, carencia de simetría y todos aquellos que se ubican cercanos al caos<sup>8-11</sup>. Lo anterior condiciona a que un sistema complejo se integre por diversos componentes<sup>12, 13</sup> (Figura 1). Morin en 1990<sup>14</sup> menciona que el pensamiento complejo permite la articulación de todos aquellos fragmentos aislados, a través de una reorganización teórica; este reacomodo parte de siete principios como herramienta válida en la visión de lo global<sup>15, 16</sup> (Figura 2).

## LA COMPLEJIDAD EN EL ÁMBITO DE LA SALUD

La importancia que desde hace dos décadas se ha hecho patente en el área de investigación en salud con el término “intervención compleja”, descrito por Pagani en 2017, hace referencia a una complejidad, en términos de salud, educativo, etcétera; sin embargo, más allá de los aspectos metodológicos, considera que existen ambigüedades conceptuales sobre la noción de complejidad, ya que no se define si es complejo por los elementos que componen al fenómeno, o bien, por el sistema que puede estar formando parte del mismo<sup>7</sup>.

<b>Principio</b>	<b>Descripción</b>
Principio sistémico u organizativo	Cada sistema se organiza así mismo, interacciona e interrelaciona con otros sistemas dentro de un ecosistema.
Principio hologramático	No se reduce el todo a las partes, sino que se concibe de forma complementaria y antagonista.
Retroactividad o retroalimentación	La causa actúa sobre el efecto y el efecto retorna sobre la causa.
Recursividad	Los productos y los efectos son, al mismo tiempo, causas y productores de aquello que les produce.
Auto-eco-organización	Los seres humanos se autoproducen al establecer una intrincada relación entre todos sus componentes.
Dialogico	Representa el nacimiento de una nueva filosofía que facilita la aproximación de las ciencias de la naturaleza y el hombre.
Del que conoce en todo conocimiento	El conocimiento es una reconstrucción en una cultura y un tiempo determinado.

**Figura 2. Siete principios propuestos por Morin para entender la Complejidad, con información de Columbie (2012) y Paiva (2004)<sup>15, 16</sup>.**

Ha sido motivo de polémica sobre los méritos, o la falta de ellos, ante los estudios cualitativos en las ciencias médicas, que ha puesto de relieve el potencial y la necesidad del pensamiento de sistemas complejos en el ámbito de la salud<sup>5</sup>; ya que el paradigma de la complejidad representa una epistemología diferente de la prevalente: no aísla, no es reduccionista ni obsoleta en cuanto a saberes, propone otras bases para conocer en forma más completa los sistemas físicos, biológicos y sociales y tiene como fundamentos la teoría de sistemas, la informática y la cibernética<sup>17</sup>.

Un enfoque de sistemas complejos ofrece alternativas valiosas a las teorías predominantes que tratan de explicar temas de salud, McLuhan en 2020 define que existen mecanismos a través de los cuales los académicos pueden emplear los sistemas complejos para afectar, influir, cambiar y/o incluso llevar a cabo la teorización de fenómenos relacionados al ámbito de salud en la población, por ejemplo: la yuxtaposición de constructos a partir de teorías de sistemas lineales y complejos, la integración de la complejidad en las teorías lineales actuales, así como cuestionar teorías actuales y replantear el fenómeno<sup>18</sup>, que para el caso de la medicina pueda pasar de un enfoque actitudinal intuitivo a uno que sea susceptible de descriptores<sup>5</sup>.

En el caso de la salud pública, han sido criticados por ser demasiado reduccionistas y no generar evidencia adecuada para la toma de decisiones en este ámbito, por lo tanto, autores relacionados a las ciencias de la complejidad han abogado por un “enfoque de sistemas complejos” con la finalidad de contar con la complejidad del mundo real<sup>3</sup>. En vista de que los temas de interés en salud pública más urgentes del mundo son cuestiones complejas caracterizadas

por relaciones dinámicas y no lineales entrecruzadas de causa y efecto, se hace referencia a que en el abordaje de problemas complejos es necesaria la participación de diversos integrantes y organizaciones en múltiples niveles de acción<sup>19</sup>.

Las ciencias de la complejidad son una nueva manera de hacer ciencia, investigando los sistemas humanos y sociales, no mecanicistas sino como sistemas interactivos, dinámicos, no lineales<sup>13</sup>, permitiendo reconocer la necesidad de tener una visión compleja de muchos fenómenos, tanto en el campo de la investigación como en las ciencias, su enseñanza y aprendizaje<sup>20</sup>. La adopción de los principios de la ciencia de la complejidad es reconocida en los campos relacionados a sistemas de salud como excelentes ejemplos de sistemas adaptativos complejos debido a la diversidad de agentes involucrados (médicos, pacientes, enfermeras, grupos de consumidores, políticos, organizaciones no gubernamentales, etcétera) y la enorme cantidad de interacciones entre ellas<sup>4</sup>, así como entender las propiedades emergentes que no son explicables a partir de modelos lineales<sup>21</sup>. Por mencionar ejemplos de estos modelos no lineales, se encuentran el ritmo cardiaco, las señales electroencefalográficas, las oscilaciones del potasio, el calcio y el sodio en el cuerpo, las estructuras venosas, las redes del sistema nervioso, etcétera, en cuya descripción e interpretación se emplean cada vez con más frecuencia los conceptos de caos, fractales, bifurcaciones, inestabilidad, atractor, estructuras emergentes, auto-organización, etcétera, para caracterizar dichos sistemas, así como las herramientas más avanzadas para la resolución de ecuaciones no lineales<sup>22</sup>.

En términos del área de la salud, se ha considerado el modelo del cuerpo humano como un sistema complejo adaptativo, toda vez que incorpora subsistemas, es decir, los órganos; estos subsistemas de órganos interactúan entre sí a través de una variedad de vías, por ejemplo, las conexiones neuronales, hormonas, vías citoquinas, etcétera<sup>23</sup>; asimismo, la teoría de la complejidad en el ámbito de la investigación en salud ha permitido llevar a cabo diseños de marcos conceptuales, así como el enfoque y diseño de investigación, permitiendo la conceptualización de variables para su posterior operacionalización; al igual que en el análisis e interpretación de datos, mayoritariamente cualitativos, destacando la autoorganización y la emergencia, con la finalidad de poder comprender dicho fenómeno<sup>24</sup>.

Diversos autores señalan que ejemplos de sistemas no lineales o complejos son abundantes en el área de las ciencias biológicas; es importante recalcar que entre estas pueden ser incluidas la medicina, la odontología, la enfermería, etcétera, donde abordar fenómenos a partir de esta teoría puede evidenciar características consistentes donde exista correlación con condiciones iniciales, componentes interdependientes y un resultado que no sea necesariamente proporcional al factor desencadenante original<sup>25</sup>. En estos tiempos de crisis global ante la pandemia por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19), la comunidad científica ha desplegado de forma rápida herramientas analíticas avanzadas que permiten modelar la dinámica de la transmisión de la enfermedad, y el impacto generalizado de la enfermedad a nivel individual, comunitario y global ha requerido el uso de técnicas analíticas de la ciencia de sistemas complejos; asimismo, los métodos analíticos de la ciencia de sistemas complejos ponen a disposición herramientas que permiten entender interrogantes de los fenómenos observados<sup>26</sup>.

## CONCLUSIÓN

Es responsabilidad de los científicos inmersos en el estudio de la complejidad, el poder demostrar que esta no es solo una herramienta de investigación, sino una ciencia cuya injerencia se hace patente en distintos ámbitos como lo son las ciencias sociales, las humanidades y las

ciencias biológicas, en particular el área de la salud con la finalidad de trabajar en la resolución de problemas desde ámbitos multi, trans e interdisciplinarios. En el caso específico del área de la salud y con base en las propiedades de complejidad, por mencionar, los comportamientos emergentes, la autoorganización y la interacción no lineal de sus componentes permitiría desarrollar, interpretar o aplicar herramientas enfocadas al diagnóstico o incluso a las terapéuticas de alteraciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sturmburg J. Complexity and Primary Care. En: *The World Book of Family Medicine*. Turquía: Wonka; 2015. pp. 33-36.
2. Sanbonmatsu DM, Johnston WA. Redefining Science: The impact of Complexity on Theory Development in Social and Behavioral Research. *Perspect Psychol Sci*. 2019; 14(4): 672-90. DOI: 10.1177/1745691619848688
3. McGill E, Marks D, Er V, Penney T, Petticrew M, Egan M. Qualitative Process Evaluation from a Complex Systems Perspective: A Systematic Review and Framework for Public Health Evaluators. *PLoS Med*. 2020; 17(11): e1003368. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003368
4. Churruca K, Pomare C, Ellis LA, Long JC, Braithwaite J. The Influence of Complexity: A Bibliometric Analysis of Complexity Science in Healthcare. *BMJ Open*. 2019; 9(3): e027308. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-027308
5. Mitchell D, Sebald A, Tomsello L. Complex Systems, Part I: Why 42 is Rarely, if Ever, the Ultimate Answer. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2020; 58(2): 225-30. DOI: 10.1016/j.bjoms.2019.12.013
6. Kuranova A, Booi SH, Menne-Lothmann C, Decoster J, Van Winkel R, Delespaul P, et al. Measuring resilience prospectively as the speed of affect recovery in daily life: a complex systems perspective on mental health. *BMC Medicine*. 2020; 18(1): 36. DOI: 10.1186/s12916-020-1500-9
7. Pagani V, Kivits J, Minary L, Cambon L, Claudot F, Alla F. La complexité: concept et enjeux pour les interventions de santé publique [Complexity: Concept and Challenges for Public Health Interventions]. *Sante Publique*. 2017; 29(1): 31-9.
8. Perona E. Ciencias de la Complejidad: ¿La economía del siglo 21? [Internet]. [Fecha de consulta: 9 de julio de 2019]. Disponible en: <https://www.eco.unc.edu.ar/files/comunicacion/archivos/DeptoEconomiaFinanzas/SerieDocumdeTrab/DocN%C3%82%C2%BA22.pdf>
9. Serna ME. *Ciencia y Pensamiento Complejo. Desarrollo Transdisciplinar de un Paradigma*. Medellín, Antioquia: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación; 2015.
10. Maldonado CE. Ciencias de la Complejidad: Ciencias de los cambios súbitos. *ODEON*. 2005; (2). Disponible en: <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/odeon/article/view/2643>
11. Burnes B. Kurt Lewin and Complexity Theories: Back to the Future? *J Chang Manag*. 2004; 4(4): 309-25. DOI: 10.1080/1469701042000303811
12. Columbie Puig N, La O Lobaina N. Principios del pensamiento complejo: base metodológica para la formación de una cultura medioambiental. *DELOS Desarrollo Local Sostenible Revista Desarrollo Local Sostenible Grupo Eumed.net y Red Académica Iberoamericana Local Global*. 2012; 5(13): 1-6. Disponible en: [https://www.redhuertos.org/wp-content/uploads/cultura\\_medioambiente.pdf](https://www.redhuertos.org/wp-content/uploads/cultura_medioambiente.pdf)
13. Aldana M. Redes Complejas. 2006. Disponible en: <https://docplayer.es/10141611-Redes-complejas-maximino-aldana-noviembre-2006.html>
14. Paiva Cabrera AJ. Edgar Morin y el pensamiento de la complejidad. *Revista Ciencias de la Educación*. 2004; 1(23): 239-53.

15. Morin E. Introducción al Pensamiento Complejo. Argentina: Gedisa Editorial. 1990.
16. Fajardo-Ortiz G, Fernández-Ortega MA, Ortiz-Montalvo A, Olivares-Santos RA. La dimensión del paradigma de la complejidad en los sistemas de salud. *Cir Cir.* 2015; 83(1): 81–6. DOI: 10.1016/j.circir.2014.03.001
17. Goodson P. How Complex Systems Science Can Revolutionize Population Health Theory. En: Apostolopoulos Y, Hassmiller Lich K, Kenneth Lemke M (Eds). *Complex Systems and Population Health. A Primer.* Estados Unidos: Oxford University Press; 2020. pp. 73-88.
18. Hennessy E, Economos C, Hammond R. Integrating Complex Systems Methods to Advance Obesity Prevention Intervention Research. *Health Educ Behav.* 2020; 47(2): 213–23. DOI: 10.1177/1090198119898649
19. Lara-Rosano F. Las ciencias de la complejidad en la solución de problemas sociales. *RISCI.* 2016; 13(2): 43–50.
20. Roa Acosta R. Formación de profesores en el paradigma de la complejidad. *educ educ.* 2006; 9(1): 149–57.
21. North American Primary Care Research Group, Griffiths F. Complexity Science and its Relevance for Primary Health Care Research. *Ann Fam Med.* 2007; 5(4): 378–9. DOI: 10.1370/afm.727
22. Ortiz Hernández E. Complejidad, nuevo paradigma en la salud. *Innovación y Ciencia.* 2005; 12(1): 37–42.
23. Jayasinghe S. Complexity Science to Conceptualize Health and Disease: Is it Relevant to Clinical Medicine? *Mayo Clinic Proceedings.* 2012; 87(4): 314–9. DOI: 10.1016/j.mayocp.2011.11.018
24. Thompson D, Fazio X, Kustra E, Patrick L, Stanley D. Scoping Review of Complexity Theory in Health Services Research. *BMC Health Serv Res.* 2016; 16(1): 87. DOI: 10.1186/s12913-016-1343-4
25. Tuffin R. Implications of Complexity Theory for Clinical Practice and Healthcare Organization. *BJA Education.* 2016; 16(10): 349–52. DOI: 10.1093/bjaed/mkw013
26. Atkinson JA, Song YJC, Merikangas KR, Skinner A, Prodan A, Lorfino F, et al. The Science of Complex Systems Is Needed to Ameliorate the Impacts of COVID-19 on Mental Health. *Front Psychiatry.* 2020; 11: 606035. DOI: 10.3389/fpsy.2020.606035