



Ciência & Saúde Coletiva

ISSN: 1413-8123

cecilia@claves.fiocruz.br

Associação Brasileira de Pós-Graduação em

Saúde Coletiva

Brasil

Gómez, Carlos Alberto Palacio; Jaramillo, Francisco Luis Ochoa
Complejidad: una introducción
Ciência & Saúde Coletiva, vol. 16, núm. 1, marzo, 2011, pp. 831-836
Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva
Rio de Janeiro, Brasil

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63018473014>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Complejidad: una introducción

Complexity: an introduction

Carlos Alberto Palacio Gómez¹
 Francisco Luis Ochoa Jaramillo²

Abstract *Complexity appears in the twentieth century as a way to understand many phenomena that are perceived as chaotic and complex from classical thought, which still persist in our way of explaining the world. Its purpose is to study the complex and adaptive systems that are sensitive to initial conditions. Some of the characteristics of complex thought are systemic perspective, autopoiesis, self-organization, emergent properties, unpredictability of the systems, analogic thought, and the complementarity of the phenomena, among others. Living systems respond to a complex logic, and in that sense, our vision of human populations and patients, and how we try to solve problems and human diseases, should be open to the possibilities that arise from this form of understanding the world.*

Key words *Complexity, Autopoiesis, Emergent properties, Health, Chaos*

Resumen *Las ciencias de la complejidad aparecen en el siglo XX como una forma de entender muchos fenómenos que se perciben caóticos, predecibles y complejos desde la forma del pensamiento clásico y que todavía perduran en nuestra forma de explicar el mundo. Su objeto es estudiar los sistemas adaptativos complejos que son sensibles a las condiciones iniciales e impredecibles a futuro. Algunas de las características del pensamiento complejo son la mirada sistémica, la autopoiesis, la autorganización, las propiedades emergentes, la interconectividad, la impredecibilidad de los sistemas, el pensamiento analógico, la complementariedad de los fenómenos, entre otros. Los sistemas vivos responden a una lógica compleja, y en ese sentido, nuestra visión de las poblaciones humanas y de los pacientes, y la forma como intentamos resolver los problemas y enfermedades humanas deberían estar abiertas a las posibilidades que emergen de esta forma de entender el mundo y que requerimos para iluminar nuestro entorno.*
Palabras clave *Complejidad, Autopoiesis, Propiedades emergentes, Salud, Caos*

¹Departamento de Humanidades, Universidad CES. Calle 10^a #22-04 Medellín Colombia. Carlos.palacio@une.net.co
² Grupo Observatorio de la salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad CES.

***Por un clavo se pierde una herradura,
por una herradura, se pierde un caballo,
por un caballo, se pierde un príncipe,
y por un príncipe se pierde un reino***
(De una antigua canción inglesa)

El presente artículo busca exponer de manera general algunos rasgos característicos de la complejidad como tendencia significativa del pensamiento científico contemporáneo. A diferencia del enfoque analítico y reduccionista del pensamiento moderno, el pensamiento complejo promueve una epistemología integradora y sistemática en el estudio de los fenómenos. De hecho, la complejidad aparece en el siglo XX como respuesta crítica y alternativa al enfoque que sobre el conocimiento en general, y sobre el sujeto cognosciente, el objeto de conocimiento, el método y la verdad, en particular, tiene la modernidad desde el siglo XVII¹. La complejidad propone abordar los fenómenos que se muestran caóticos e impredecibles a la luz de las estructuras de pensamiento con que se les distingue actualmente²⁻⁵. En el estudio de estos fenómenos, el pensamiento complejo considera: el sujeto cognosciente, los objetos, la forma como se relacionan y las representaciones que de ellos tenemos.

Para el filósofo francés Edgar Morin, presidente de la Agencia Europea por la Cultura de la UNESCO, y uno de los pensadores más representativos de las ciencias de la complejidad, lo complejo es *un tejido* (complexus: *lo que está tejido en conjunto*) de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados [...], que presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple [...], es el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico. Así es que la complejidad se presenta con los rasgos inquietantes de lo enredado, de lo inextricable, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre [...] De allí la necesidad, para el conocimiento, de poner orden en los fenómenos rechazando el desorden, de descartar lo incierto, es decir, de seleccionar los elementos de orden y de certidumbre, de quitar ambigüedad, clacificar, distinguir, jerarquizar⁶.

El pensamiento moderno considera como prioridad metodológica el análisis o la descomposición de un problema en sus partes más elementales⁷, frente a cuyo exceso - dado por la ausencia de síntesis y de contexto situacional e histórico - el pensamiento complejo señala la urgente necesidad de hacer diálogos entre las ciencias y las disciplinas, reconociendo la incidencia mutua entre ellas⁸⁻¹⁰. Esto constituye una nueva

forma de ver el mundo diferente a la de las perspectivas dualistas que históricamente han sido antagónicas e irreconciliables: estructuralismo y funcionalismo, cuantitativa y cualitativa, corporal y mental, material y espiritual; dualismos que se vieron fortalecidos con el racionalismo cartesiano y la física newtoniana y de los cuales, todavía hoy, somos producto.

Aunque la corriente del pensamiento complejo es relativamente nueva en el trasegar científico, es posible rastrear algunos de sus rasgos distintivos en variadas prácticas y disciplinas a lo largo de la historia de la humanidad, que sugieren que esta forma de pensamiento ha acompañado el devenir humano. Por ejemplo, la indisoluble relación emoción y razón, propia del operar del pensamiento complejo, puede encontrarse en las producciones míticas, cuyo trenzado imaginario y simbólico relieva; el reconocimiento de la paradoja de lo uno y de lo múltiple, característica propia del pensamiento complejo, se encuentra en el camino del Tao, que propone un vivir sin esfuerzo en la conservación de la unidad de todo lo existente; la invitación del humanismo dialógico a no disociar las ciencias naturales y las ciencias humanas, la reconocemos en el ethos del humanismo renacentista, que acude a un interés del científico por las ciencias humanas y del humanista por los estudios científicos¹⁰.

Al pensar en el origen de lo humano, y al pensar en el surgimiento del vivir en las múltiples dimensiones que el vivir en el lenguaje genera, es posible pensar que, desde el origen de la especie, el pensamiento sistemático, ha debido estar siempre presente¹¹. Al respecto opina el chileno Humberto Maturana, (médico y PhD en biología, y tal vez una de las personalidades más importantes en el campo de la función cerebral), en relación al surgimiento de la especie, [...] *la vida tiene que haberse vivido como parte de una red de procesos cuya armonía no dependía exclusiva o primariamente de ningún proceso particular, el pensamiento humano tiene que haber sido entonces naturalmente sistemático, manejando un mundo en el que nada era en sí o por sí mismo, y en el que todo era lo que era en sus conexiones con todo lo demás*¹².

Además de los sistemas caóticos o imprevisibles, la complejidad también se ocupa de los sistemas auto-organizativos. La vida misma es el ejemplo más elocuente de ellos. Tradicionalmente la vida se ha descrito a través de los procesos de gestación, nacimiento, crecimiento, reproducción y muerte de un organismo. Pero el mismo Maturana plantea que las fases de la vida describen sólo la deriva histórica de un ser vivo, pero

no la organización de lo vivo; frente a lo cual ha propuesto el concepto de autopoiesis, que expresa la cualidad de una organización que produce sus propios componentes. Un ser vivo es, pues, una unidad que se caracteriza porque ella misma produce constantemente los componentes que la componen¹². Si el pensamiento lineal causal es ciego a los fenómenos de autoorganización, la mirada compleja percibe la dinámica de los sistemas cuya organización contempla la reproducción de la organización misma.

Ahora bien, en el dominio de la ciencia contemporánea, la complejidad sería la ciencia que estudia los sistemas complejos adaptativos, los sistemas dinámicos no lineales con sensibilidad a las condiciones iniciales^{10,13-16}. Dichos sistemas fueron descubiertos por el matemático y meteorólogo estadounidense Edward Lorenz, en la década de los sesenta. Mientras desarrollaba un sistema de simulaciones atmosféricas, Lorenz notó que las gráficas de las funciones matemáticas de sus modelos, utilizando siete cifras decimales de aproximación y utilizando tres, daban curvas semejantes en un comienzo, pero los desarrollos posteriores de cada una de ellas daban resultados muy distintos¹⁷. A diferencia de lo que pasa con los sistemas lineales, donde pequeñas variaciones en las condiciones iniciales traen consigo diferencias leves en los resultados finales, en los sistemas complejos pequeñas variaciones en las condiciones de partida originan grandes cambios en los resultados finales. Es lo que se conoce hoy en día como el “efecto mariposa”¹⁷⁻¹⁹.

Los sistemas complejos están compuestos por diversos elementos interconectados mediante vínculos que generan información adicional oculta al observador. Es decir, de las interacciones/relaciones entre los diversos componentes del sistema complejo surgen nuevas propiedades que no pueden comprenderse exclusivamente a partir de las propiedades de los elementos aislados, sino a partir del tipo de relación establecida entre ellos. Dichas propiedades se denominan propiedades emergentes^{19,20}.

El equilibrio de tales sistemas es dinámico, y está caracterizado por una gran inestabilidad²¹. En este sentido, los estudios de los sistemas complejos han demostrado que su comportamiento no sigue una ley universal hasta ahora conocida, sino que tal comportamiento es exclusivo de cada sistema específico²². Así por ejemplo, el cerebro es más que la suma de las neuronas que lo componen - que dan origen a las propiedades emergentes de la conciencia y la inteligencia -; o también, la “suma” de los elementos formes de la

sangre y el plasma, no explican por sí solos, la función hematológica y las propiedades que emergen de su interacción. Por ésto los sistemas complejos, y entre ellos, la salud y los sistemas sanitarios, demandan una mirada sistémica para su comprensión^{13-15,23-26}, que no ofrece la mirada lineal racionalista actual.

Otra de las propiedades de los sistemas complejos es la de que el todo es más que la suma de las partes. Esta propiedad, generadora de nuevas propiedades, aunada al hecho de que los sistemas dinámicos no lineales son extremadamente sensibles a pequeños cambios en las condiciones iniciales, dan origen a la predicción limitada o a la incertidumbre propia de los sistemas complejos^{10,17,20}. Piénsese en las distintas expresiones de un desorden popular, en la suma de pequeños errores generadores de grandes catástrofes, o en como, en dos pacientes “iguales”, la introducción de una nueva variable en uno de ellos, modifica significativamente el desenlace de su enfermedad.

Por tal razón es imposible predecir con certeza la mayoría de los fenómenos, pero sí es probable encontrar en muchas ocasiones patrones o zonas de estabilización dentro de cierto rango y nivel de certidumbre^{16,24,27}. Los sistemas complejos presentan gran variación en su funcionamiento, pero no pierden su carácter determinista estructural; es decir, su comportamiento está determinado desde su estructura cambiante y adaptativa^{22,28}, lo cual no implica que haya determinismo existencial, ni que el pensamiento complejo sea determinista.

Otros ejemplos de sistemas complejos adaptativos son la tierra y los seres vivos²⁹. Cada uno de ellos está compuesto a su vez, por sistemas simples o por sistemas cuya comprensión permite una eficaz predicción. Aunque es importante reconocer, como ya se dijo anteriormente, que detrás de un sistema simple pueden ser descubiertos subyaciendo, series de sistemas complejos²². En el caso de la tierra encontramos, entre muchos otros: el campo gravitacional, el campo magnético y el geodinámico²⁹. Y en el de los seres vivos los sistemas físico-químico, fisiológico y psicológico, entre otros^{22,30,31}. Pero cuando estos sistemas simples entran en interacción compleja con los demás, se originan fenómenos impredecibles - propiedades emergentes - como son precisamente las del comportamiento del clima y del comportamiento humano, respectivamente, los cuales nos ofrecen todos los días ejemplos de reacciones inesperadas^{19,26,32}.

Como la física cuántica, que asume el objeto en términos de juegos de relación y de probabili-

dades^{33,34}, la complejidad asume los objetos de estudio de forma sistemática, teniendo en cuenta los elementos que la componen, las relaciones entre ellos y las propiedades que nacen de dicha relación, lo cual a su vez demanda la implementación de métodos de estudio complejos que caminen permanentemente entre el pensamiento analítico y el sintético, e incluyan la complementariedad de lo cualitativo con lo cuantitativo, del pensar calculador con el pensar reflexivo, del pensar local lineal con el pensar analógico sistemático^{6,13,28}.

El pensamiento analógico sistemático opera identificando configuraciones relacionales iguales entre objetos y situaciones parecidas, ampliando la comprensión de lo uno en el cruce con la comprensión de lo otro. Debido a que el pensar analógico sistemático rebasa las circunstancias particulares de cada momento, permite la comprensión, entendida desde Maturana, como la "mirada que ve lo local en relación con el contexto general al que pertenece sistemáticamente"³⁵. Por ésto, el pensar analógico sistemático es efectivo en la captación de configuraciones relacionales en el ámbito de la biosfera, entendida ésta como "un sistema de sistemas en el que cada ser vivo existe en coherencia operacional con los otros seres vivos y los sistemas no vivos de la tierra"^{29,35}.

Por el contrario, el pensar lineal causal (propio, por ejemplo del modelo médico - sanitario actual) no opera bajo miradas sistemáticas sino con miradas locales, que identifican apenas ciertos procesos concatenados en una secuencia lineal, en los cuales se abre la posibilidad de perturbarlos para incidir en sus resultados³⁴. De aquí que desde el mirar y pensar analógico sistemático, se puedan percibir las consecuencias positivas y negativas en la red de relaciones que rodea el operar del mirar y pensar local lineal. Por ello su importancia para las teorías del desarrollo sostenible y de los subsistemas que lo integran como los de desarrollo social, salud, educación, entre otros²⁸.

La complejidad plantea considerar el deseo, lo aleatorio, el azar, lo paradójico, lo emocional y la incertidumbre para la producción de conocimiento^{22,28,31,35}. Si aceptamos que por las acciones realizadas a lo largo del curso de su historia, el ser humano es racional, - ha demostrado ser sensatamente constructivo - pero también, que es irracional - ha demostrado ser irreflexivamente destructivo-, entonces habrá que preguntarse por el tipo de discurso que puede desarrollar el ser humano en tanto es al mismo tiempo - e indivisiblemente - racional e irracional. En palabras de Emilio Roger Ciurana, Director de la Cátedra para la transdisciplinariedad de la Universidad de Valladolid y coau-

tor junto con Edgar Morin y Raul Domingo Motta del libro *Educar en la era planetaria. [...] Lo que debemos pensar es qué tipo de discurso podemos hacer hoy partiendo del hecho de que quien habla, piensa y hace teoría del conocimiento es el homo sapiens/demens. Aquel sujeto que no tiene una seguridad absoluta sobre lo que piensa ni sobre las consecuencias de sus acciones. Aquel que no puede separar de forma clara y distinta razón e imaginación[...]*³⁶.

La mirada compleja incorpora las relaciones entre elementos opuestos de una manera complementaria y no de una manera excluyente^{1,15,28}. Este principio, que busca minimizar las limitaciones que produce el pensamiento analítico en ausencia de pensamiento sintético, es una característica del pensamiento integrador. Desde la complejidad, el ser humano es un sujeto indivisiblemente dialógico biológico-cultural, donde no hay primacía de un aspecto sobre el otro, sino una relación de modulación mutua e incesante, lo cual representa a todas luces un horizonte abierto para repensar la condición humana y las prácticas dependientes de esta consideración como la salud, la educación, la ética, la administración, y todas las actividades del ser humano^{31,37,38}.

La complejidad implica hacer el tránsito desde la perspectiva o mirada esencialista - la que pregunta por la esencia de las cosas -, a la generativa o constitutiva, es decir, a la que pregunta por la génesis de la red de relaciones que origina y que hace consistir a un fenómeno como tal^{6,22}. De esta manera quedan en evidencia ciertos hábitos mentales de la época actual, con los que se reduce, mecaniza o trivializa el funcionamiento del ser humano, la naturaleza y la sociedad, como por ejemplo, el hábito del pensar antropocéntrico, el hábito de analizar sin sintetizar, el hábito de pensar por fuera de contexto y el de universalizar o estandarizar determinados códigos culturales propios de una región o de un país.

La lógica de la naturaleza es la lógica del sistema auto-organizador, aquel que recibe de sí mismo las pautas de su organización y desarrollo^{11,21,22,30-34}, como ocurre con el ADN de los seres vivos, y no la lógica de los sistemas funcionalistas, que reciben su organización del que desea que cumpla una determinada función, como los hábitos del pensar lineal causal nos hacen creer. En este sentido, la complejidad propone unos principios epistemológicos alternativos a los del pensamiento analítico o simplificador, cuyas características básicamente, son⁶:

(1)La disyunción: que tiende a ver los fenómenos y los objetos de estudio aislados de sus contextos;

(2) La reducción: que plantea que los seres humanos pueden conocer una realidad tal como es, independientemente de quien la conoce;

(3) La abstracción: que establece leyes universales desconociendo las situaciones particulares que le han dado origen;

(4) La causalidad: que sólo ve las relaciones lineales de causa efecto entre los elementos que integran la naturaleza y los fenómenos sociales.

Por el contrario, los principios del pensamiento complejo son^{1,6,10,16}:

(1) El dialógico: que considera la relación entre elementos opuestos reconociendo su complementariedad. A diferencia de la dialéctica, el principio dialógico no considera la superación de los contrarios sino su interacción. Este principio conduce a la comprensión del hombre desde la perspectiva biológica-cultural. Las dialógicas existentes entre lo simple y lo complejo, lo racional y lo emocional, lo material y lo espiritual, lo individual y lo social, lo masculino y lo femenino, lo imaginado y lo vivido, lo consciente y lo inconsciente, etc., son consideradas desde este principio. Pensar de forma dialógica es estar bajo una praxis del pensar que hace posible en un mismo espacio intelectual lo complementario, lo concurrente y lo antagonista, de modo que hasta el sujeto cree en algún momento no saber donde está, justo porque se encuentra en lo fronterizo o lo difuso aprendiendo a percibir con nitidez;

(2) El de recursividad: que plantea el hecho de que muchos de los procesos dados en el universo, tanto en lo natural como lo social, vuelven a incidir sobre los resultados producidos. En otras palabras, considera el caso donde el efecto se vuelve causa y la causa se vuelve efecto, o donde los productos se vuelven productores. Por ejemplo: las emociones vuelven a ocurrir sobre un cuerpo que es el resultado de sus emociones previas, el individuo hace cultura y la cultura hace a los individuos, la biología permite el surgimiento de lo cultural y lo cultural modula el curso que sigue lo biológico;

(3) El hologramático: que conduce a reconocer una estrecha relación entre el todo y las partes que lo constituyen como componentes. Si bien es cierto que los sistemas complejos tienen la característica de que el todo es más que la suma de sus partes, también lo es que en las partes pueden encontrarse rasgos primordiales del todo y que en el todo pueden encontrarse rasgos distintivos de las partes. Por ejemplo, encontramos el princi-

pio hologramático en la información genética que guarda una célula del organismo al cual pertenece. También lo encontramos cuando en la lógica relacional de una organización o una institución descubrimos que se repite, de algún modo, la lógica relacional de la respectiva nación. Y también se presenta en los fenómenos naturales: por ejemplo, en las formas de las mareas, las nubes y las plantas, apreciamos que las formas de las unidades simples o pequeñas se replican en las unidades mayores que ellas conforman. Este principio busca superar el principio del "holismo" que no ve más que el todo, pero también busca superar el "reduccionismo" que no ve más que las partes.

En síntesis, los principios del pensamiento complejo buscan rescatar de la primacía del análisis moderno, la integridad y la unidad perdida de lo existente, a través de operaciones de pensamiento tales como la síntesis, la dialógica, la recursividad y la hologramaticidad³⁶.

Ahora bien, en relación con la comprensión de lo humano, la hegemonía del pensamiento analítico lineal causal ha llevado, en términos generales, a que las diferentes ciencias hagan sus estudios por separado, sin la realización de estudios integradores -con algunas excepciones y resultados alentadores, por cierto-, de manera que cada una se desarrolla sin preguntarse por las influencias que los demás campos restantes tienen para el suyo.

La complejidad plantea que no podremos dar una explicación exhaustiva de los fenómenos humanos sino integramos en red los diferentes niveles o ámbitos suyos como lo biológico, lo psicológico, lo sociológico, lo ético, lo económico, lo histórico, etc. En el despliegue de nuestra cotidianidad vemos que todos estos registros se están influenciando mutua e incesantemente a cada instante. Sabemos que las enfermedades afectan lo social, que los fenómenos sociales afectan el curso de la economía, que la economía afecta la ecología, que la evolución de los fenómenos ecológicos afectan la biología, que la evolución de la biología incide en la salud, y así sucesivamente; pero en el estudio de estos fenómenos mantenemos fronteras rígidas entre estos dominios cognitivos que impiden hacer una comprensión compleja y dinámica de los fenómenos estudiados. Por tal razón se propone que las ciencias de la salud permitan las posibilidades que surgen del pensamiento complejo y trasciendan su mirada lineal positivista.

Colaboradores

CAP Gómez participó en la concepción teórica, elaboración y redacción final del texto. FLO Jaramillo participó en la organización y ejecución de las oficinas y de la revisión bibliográfica.

Referencias

- Agudelo G, Alcalá JG. La Complejidad. En: Sandín M, Agudelo G, Alcalá JG, compiladores. **Evolución: un nuevo paradigma**. 1^a ed. Madrid: Instituto de Investigación sobre la Evolución Humana; 2003.
- Romanelli L. Teoría del caos en los sistemas biológicos. **Rev. Argent. Cardiol** 2006; 74(6):478-482.
- 12 manage - The executive fast tract. Teoría del caos (Lorenz, Poincaré). [acceso 2008]. Disponible en: http://www.12manage.com/methods_lorenz_chaos_theory_es.html
- Maturana H, Varela F. **El árbol del conocimiento**. 13^a ed. Santiago de Chile: Universitaria; 1996.
- Morin E, Kern AB. **Tierra Patria**. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión; 1993.
- Morin E. **Introducción al pensamiento complejo**. Madrid: Editorial Gedisa; 1995.
- Descartes R. **Discurso del Método**. Barcelona: Bruguera; 1968.
- Morin E. **El método**. Madrid: Ediciones Cátedra; 1977.
- Rivero CI. El aporte de Edgar Morín al pensamiento social contemporáneo, desde una epistemología de la complejidad. **Salud trab. (Maracay)** 2002; 10(1/2):103-115.
- Rickles D, Hawe P, Shiell A. simple guide to chaos and complexity. **J Epidemiol Community Health** 2007; 61(11):933-937.
- Niehoff D. **The language of life. How Cells Communicate in Health and Disease**. Washington, D.C.: Joseph Henry Press; 2005.
- Maturana H, Verden Zoller G. **Amor y juego, fundamentos olvidados de lo humano**. Santiago de Chile: Ed. Instituto de Terapia Cognitiva; 1993.
- Strand R, Rortveit G, Schei E. Complex Systems and human complexity in Medicine. **Complexus** 2004/2005; 2(1):2-6.
- Plsek P, Greenhalgh T. Complexity science: The challenge of complexity in health care. **BMJ** 2001; 323(7313):625-628.
- Gell-Mann M. What is complexity? **Complexity** 1995; 1(1):16-19.
- Patiño JF. **Caos y complejidad: ciencias del siglo XXI**. Medellín: Memorias Cátedra Pública Universidad de Antioquia.
- Lorenz E. Deterministic nonperiodic flow. **J Atmosph Scienc** 1963; 20(2):130-141.
- Moriello S. Dinámica de los sistemas complejos. [acceso 2008 jul 07]. Disponible en: <http://www.pensamientocomplejo.com.ar/leerarticulo.asp?IdDocumento=105>
- Bar-Yam Y. New England Complex Systems Institute. Butterfly effect. Concepts in Complex Systems. [acceso 2008 jul 07]. Disponible en: <http://necsi.org/guide/concepts/butterflyeffect.html>
- Prigogine I. **¿Tan solo una ilusión? Una exploración del caos al orden**. Barcelona: Tusquets Editores; 1988.
- Sandin M, Agudelo G, Alcalá JG. **Evolución: un nuevo paradigma**. 1^a ed. Madrid: Instituto de Investigación sobre la Evolución Humana; 2003.
- Capra F. **La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos**. Barcelona: Editorial Anagrama; 1996.
- Philippe P, Mansi O. Nonlinearity in the epidemiology of complex health. **Theor Med Bioeth** 1998; 19(6):591-607.
- Burgos LC. Importancia del caos determinista en medicina. **ATREIA** 1994; 7(2):61-64.
- Ramis Andalia RM. La causalidad compleja: ¿un nuevo paradigma causal en Epidemiología? **Rev Cubana Salud Pública** 2004; 30(3).
- Chávez OM, Chávez RJ. La Enfermedad: "Una visión desde la teoría del caos y de los fractales". **Medicrit** 2006; 3(3):78-84.
- Bricmont J. Determinism, Chaos and Quantum Mechanics. [acceso 2008 jul 23]. Disponible en: <http://www.fyma.ucl.ac.be/files/Turin.pdf>
- Rozo Gauthier JI. **Paradigmas, sistemas, complejidad. Teoría de sistemas y pensamiento complejo**. Bogotá: Epígrafe; 2000.
- Lovelock J. **Gaia: a new look at life on earth**. New York: Oxford University Press; 1979.
- Bertalanffy L. **Teoría general de los sistemas**. México: FCE México; 1976.
- Cohen I, Harel D. Explaining a complex living system: dynamics, multi-scaling and emergent. **J R Soc Interface** 2007; 4(13):175-182.
- Canals M, Solis R. Geometría de los sistemas vivos y su importancia en Medicina. **Rev Méd Chile** 2005; 133(9):1097-1107.
- Nielsen M. Simples rules for a complex quantum World. **Scientific American Magazine**, 2002; 287:66-75.
- Popper K. Indeterminism in quantum physics and classical physics. **Br J Philos Scien** 1950; 1(2):117-133.
- Maturana H. **La objetividad un argumento para olvidar**. 2^a ed. Dolmen Ediciones; 1997.
- Ciurana ER. **Complejidad (Elementos para una definición)**. [acceso 2008 jul 7]. Disponible en: http://www.hobest.es/TemasInteres/Documentos/pid_Tema_269/2004524163158_ciurana.doc
- Moraes MC. Tejiendo una red, pero ¿con qué paradigma? [acceso 2008 jul 7]. Disponible en: www.nied.unicamp.br/oea/pub/livro3/espanhol/capitulo01.pdf
- Capra F. **Las conexiones ocultas**. Barcelona: Editorial Anagrama; 2003.