

El enfoque de las ciencias de la complejidad en la administración de servicios de salud

Guillermo Fajardo-Ortiz,^a Armando Ortiz-Montalvo^b

The approach of sciences of complexity in health services administration

Historically, health services administration has been managed under a taylorist, fayolist, humanist and bureaucratic focus approach. However, today is developing dynamic and competitive behavior that requires others approaches in managing. Since the social, scientific and technological changes that are occurring, it is necessary to abandon hierarchical and authoritarian schemes, "up and down" lines, prescriptive rules and order line up must be left behind. Health services administration is an adapted complex system that it is no proportional, neither predictable in direction or magnitude. A new proposal is to focus since the sciences of complexity where de social factors, materials, economics, human and ethics coincide order and disorder, reason and unreason and in which we must accepted that the phenomenon that emerge creating organizing different structures to the addition or subtraction of its components. There is distance in the process of cause and direct effect. The mirage from the sciences of complexity implicate trans-disciplinary in others branches of knowledge like the quantum physics, the no-lineal mathematics and the cybernetics, so we have to accept the influence of entropy, the non-entropy, the attractors, the theory of chaos and the fractals.

Key words

health services administration
nonlinear dynamics
fractals

La práctica y la teoría de la administración de la atención a la salud se han desarrollado básicamente bajo el proceso causa-efecto, que suele distribuir jerarquías, establecer lineamientos burocráticos y determinar controles en las organizaciones. Entendidas como "unidades sociales o agrupamientos humanos intencionalmente construidos o reconstruidos a fin de lograr objetivos específicos",¹ en las instituciones de atención a la salud, en los hospitales y en las clínicas se lleva a cabo la administración.

En la actualidad, la administración de la atención a la salud se desarrolla en ambientes dinámicos y competitivos. La globalización, la información y la tecnología condicionan que la gerencia de la atención a la salud se enfrente a problemas que exigen mayor velocidad en las respuestas, sincronización de las actividades, reducción de los costos y mejor aprovechamiento de los recursos, para mantener la calidad de los servicios. Lo anterior está generando que se busquen otros enfoques para la administración de la atención a la salud.

Las ciencias de la complejidad proponen una forma diferente de acercarse a los conocimientos prevalentes. Dado que están en construcción, están abiertas al desarrollo teórico, la experimentación y la investigación; abordan los conocimientos con ubicuidad epistemológica y con importantes repercusiones teóricas. Se apoyan en la física cuántica, las matemáticas cualitativas y la informática.

Con el advenimiento de las ciencias de la complejidad, los conocimientos y las teorías científicas están en revisión y la administración de la atención a la salud no escapa a dicho pensamiento.

¿Qué se entiende por administración?

Escuela clásica o de administración científica

Encabezada por Frederick Taylor (1856-1915) y Henri Fayol (1841-1925), esta corriente busca la eficiencia en las administraciones, manifiesta un posicionamiento mecanicista y sus expresiones habituales en las unidades de atención a la salud son "línea de autoridad", "asignación de puestos", "unidad de mando y secuencias", entre otras.² El método cartesiano ha sido su eje.

Escuela psicológica social o de relaciones humanas

Basada en los trabajos de Elton Mayo (18880-1949) y Kurt Lewin (1890-1947), enarbola la productividad. Propone que para lograr elevado rendimiento del personal hay que recurrir a aspectos psicológicos y sociales de los trabajadores. Sus barómetros son los

Históricamente, la atención a la salud se ha administrado de acuerdo con los enfoques taylorianos, fayolistas, humanistas y burocráticos, sin embargo, en la actualidad se desarrolla en ambientes dinámicos y competitivos, que requieren otros enfoques para su administración. Dados los cambios sociales, científicos y tecnológicos, se debe dejar atrás los organigramas jerárquicos y autoritarios, las líneas *up and down*, las normas prescriptivas y el orden lineal. La administración de la atención a la salud es un sistema complejo adaptativo en el que las interacciones de las variables no son proporcionales ni predecibles a la dirección o magnitud de las mismas. Una propuesta reciente es abordarla desde el enfoque de las ciencias de la complejidad, donde los factores sociales, materiales, económicos,

humanos y éticos coinciden en orden y desorden, razón y sin razón; y en el que se acepta que hay fenómenos que originan estructuras organizativas diferentes a la suma o a la resta de sus componentes. Hay distanciamiento del proceso causa-efecto directo. El enfoque de las ciencias de la complejidad implica transdisciplinariedad con ramas del conocimiento como la física cuántica, las matemáticas no lineales y la cibernetica; así como aceptar el influjo de la entropía, la neguentropía, los atractores, las teorías del caos y las fractales.

Resumen

Palabras clave

administración de los servicios de salud
dinámicas no lineales
fractales

indicadores estadísticos (número de consultas, horas laboradas, dietas proporcionadas) y los económicos (costos por servicio, ganancias, etcétera).

Escuela sociológica

Max Weber (1864-1920), ícono de esta corriente, orientó sus trabajos sobre administración a las estructuraciones burocráticas. Al lado de Weber es necesario citar a su antecesor, Lorenz von Stein (1815-1890), creador de las bases del “estado de bienestar”. Esta corriente se ha identificado con los aspectos de los trámites.

Escuela sistemática o teoría de sistemas

Iniciada hacia 1966 por Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), esta corriente considera a la administración como un todo. Se caracteriza por unir, correlacionar o involucrar interdependencias a partir de las cuales se originan estructuras diferentes a los componentes aislados, así como por presentar un dinamismo permanente,³ que también identifica a las ciencias de la complejidad.

Otros enfoques

Hacia la década de 1960, en la administración de los servicios de salud gubernamentales de varios países de América Latina se aplicó un procedimiento con un enfoque científico, referido particularmente a la planeación, que consideraba aspectos de desarrollo socioeconómico: el método OPS-Cedes (Organización Panamericana de Salud-Centro de Estudios del Desarrollo, de la Universidad Central de Venezuela).⁴

Otras dos teorías organizativas complementarias a las citadas son la contingencial, que indica que los problemas se deben atender de acuerdo con el tipo de problema, y la matemática o cuantitativa.

Los enfoques clásicos, psicosocial y burocrático (de índole mecanicistas) han contribuido a la administración de la atención a la salud, sin embargo, están perdiendo terreno. En la actualidad está en conformación la administración bajo la égida de las ciencias de la complejidad.

La administración de la atención a la salud es un campo de oportunidad —transdisciplinar— para aplicar las ciencias de la complejidad, para entenderla y para encontrar otros caminos.

Linealidad, determinación y no linealidad

Las tres primeras corrientes descritas se han caracterizado por ser pragmáticas, dar confianza, ser ordenadas y por homogeneizar. Tienden a la linealidad, a la secuenciación, a las jerarquías de mando y al mecanismo. Han ofrecido explicaciones coherentes de asociación y especificidad a las relaciones de los componentes —pacientes, personal, recursos, servicios, procedimientos y resultados de la administración de la atención a la salud— y han dado lugar a acciones en las que hay determinación. Son tres las acepciones más frecuentes que en la ciencia se dan al concepto de determinación:⁵

- Son procesos determinados los que poseen características definidas.
- Son procesos determinados los que mantienen conexión constante y unívoca (este es el uso más frecuente y está ligado a la noción de conexión necesaria).
- Son procesos determinados los que tienen un modo y devenir definidos.

El determinismo refleja el pensamiento de Aristóteles (384-322 a. C.) y tiene analogías con los trabajos de Isaac Newton (1643-1727), pilar de la mecánica

clásica, y de René Descartes (1596-1650), creador del sistema cartesiano.⁶ Por otra parte, se vincula con el positivismo, ideado por Augusto Comte (1798-1857). El positivismo admite exclusivamente el método experimental como medio para adquirir conocimientos y rechaza como no valedero todo lo obtenido *a priori*, así como todos los conceptos universales y absolutos. Aun cuando Europa fue el espacio geográfico donde nació como propuesta filosófica, es en América Latina donde enraíza.

En *El desafío del conocimiento. Investigación cualitativa en salud*, publicado en 1997, María Cecilia de Souza Minayo señala que el positivismo es la “corriente filosófica que actualmente todavía mantiene el dominio intelectual en el seno de las ciencias sociales y también en la relación entre ciencias sociales, medicina y salud”.⁷

Si bien los referentes de estas doctrinas han sido sustentos de la administración de la atención a la salud y se reconoce que hay secuencias que permiten “predecir” y generalizar y que sobre esas bases se han logrado grandes avances respecto a fijar objetivos, determinar recursos o realizar evaluaciones, en la administración de la atención a la salud no siempre hay determinismo o linealidad.

Similar a los fenómenos naturales, la administración de la atención a la salud no es lineal. Nada es simple. El orden se oculta tras el desorden, lo aleatorio está siempre en acción. Lo imprevisible debe ser comprendido. “La clave es lo móvil calificado de no lineal, que le da entrada a lo lógica de fenómenos al parecer menos ordenados. Esta sacudida del saber no se origina sin incredulidad ni rechazo, pero la pasión por los nuevos descriptores se contagia. Se desplaza a las ciencias de la vida y la sociedad, aun cuando en este último caso se reconoce que las personas son más complicadas que las partículas”.⁸

En las palabras anteriores se hace referencia a lo no lineal y aplicable a la administración de la atención a la salud. En cuanto a lo no lineal son interacciones de variables, cuyo resultado no es proporcional ni predecible a la dirección o magnitud de las mismas. En la administración de la atención a la salud ha campeado lo lineal, ordenando y jerarquizando recursos, funciones y objetivos, lo que ha sido muy útil; los enfoques clásico, psicológico-social y burocrático han tenido un papel prescriptor.

Bajo la teoría de sistemas, la administración de la atención a la salud tiene “vida”: condiciona y está condicionada al medio, no cumple con la linealidad, no es considerada estructura mecánica, hay metamorfosis, hay actividades enriquecedoras y desenriquecedoras, sintonías y disintonías, conexiones y desconexiones técnicas, físicas, éticas, emocionales, administrativas e intelectuales.

Administración de la atención a la salud, sistemas y ciencias de la complejidad

R. Freyman, quien recibiera un premio Nobel, expresó “...un sistema no tiene una sola historia, sino todas las historias posibles”,⁹ afirmación que llevada a la administración de la atención a la salud significa que esta tiene múltiples facetas y su estudio debe abordarse desde diferentes ángulos, lo que ocurre en las ciencias de la complejidad.

Bajo el enfoque de sistemas, la administración de la atención a la salud confluye con las ciencias de la complejidad en que hay fenómenos emergentes no predecibles: expulsiones, destrucciones y discordancias de componentes, así como renovaciones, creaciones y concordancias en los insumos, procesos, resultados y retroalimentadores, todos afectados por ambientes cambiantes.

La administración de la atención a la salud es un campo idóneo para aplicar las ciencias de la complejidad debido a la multiplicidad de sus componentes e interacciones multivariadas. No basta con observar y estudiar lo aparente para conocer la administración de la atención a la salud desde el enfoque de las ciencias de la complejidad. Hay que penetrar en sus componentes, estudiar y valorar los entrecruces y desencuentros, los procesos autorregulados y regulados por el mismo sistema, fenómenos en cierta forma análogos al mundo subatómico.

Con el enfoque de las ciencias de la complejidad, la administración médica se analiza interdisciplinariamente, donde los factores sociales, materiales, económicos, humanos y éticos coinciden en orden y desorden, razón y sin razón. En otras palabras, bajo las ciencias de la complejidad no hay linealidad en la administración de la atención a la salud. Hay fenómenos que emergen, originando estructuras organizativas diferentes a la suma o a la resta de sus componentes. Hay distanciamiento del proceso causa-efecto directo.¹⁰

Física cuántica, matemáticas no lineales y cibernética

Las ciencias de la complejidad no son ajenas a la filosofía ontológica en cuanto a los vínculos de las entidades heterogéneas, concepto ya delineado por Parménides hace casi 500 años antes de nuestra era. Las interconexiones y las dinámicas de la administración de la atención a la salud son conocidas de tiempo atrás, pero los estudios basados en la teoría de los sistemas y las ciencias de la complejidad son muy recientes.

Las ciencias de la complejidad tampoco son ajenas a la física cuántica, a las matemáticas no lineales y

a la informática, lo que significa transdisciplinariedad —ciencias duras y ciencias humanísticas— y transferencia de los conocimientos. Al respecto, la socióloga R. Mayntz ha escrito:¹¹

Las disciplinas científicas por más que pretendan configurarse como unidades grupales limpiamente delimitadas, difícilmente logran sistemas cerrados desde un punto de vista cognitivo. Al contrario, la historia evolutiva de la ciencia está plagada de cruces transfronterizos y de enriquecimientos recíprocos.

La más racional de las ciencias experimentales, la física cuántica (también conocida como mecánica cuántica), “...es una teoría extraña y paradójica. Por una parte es la teoría física más precisa y exitosa que se haya inventado; permite predecir y calcular los procesos del mundo atómico con una precisión inimaginable en otras ramas de la ciencia. Por otra parte, nadie entiende por qué funciona tan bien, pero el hecho es que funciona estupendamente. El problema consiste en que las matemáticas son el lenguaje propio de la mecánica cuántica, pero resulta imposible explicar con palabras y conceptos aquello que las fórmulas matemáticas parecen implicar”.¹² Contradicторiamente, la física cuántica indica que materia y energía se confunden, que las partículas virtuales se comportan de manera impredecible, desapareciendo y apareciendo sin que se pueda fijar algún orden en su actuar. La física cuántica se aparta de la jerárquica y mecanicista física newtoniana.

¿Qué simetrías existen entre la física cuántica y la administración de la atención a la salud? ¿Los estudios de física cuántica son aplicables? ¿Las dimensiones del mundo físico cuántico se repiten en la administración? A continuación se presentan algunas similitudes, independientemente de la condición empírica de la física cuántica y la administración en cuanto a la ausencia de fronteras, al principio de Planck, al principio de incertidumbre de Heisenberg y al principio de exclusión de Pauli:

- *Ausencia de fronteras.* En la administración de la atención a la salud no se conoce dónde están los límites de la misma o si existen: no termina en el edificio o en el organigrama, semejante a lo que ocurre en los procesos de la física cuántica.
- *Principio de Planck.* En las administraciones hay mezclas intrincadas, coexisten simultáneamente dos o más estados, un subdirector es subordinado y subordina. En el mundo subatómico hay superposición de estados, un electrón es una onda y una partícula cruza el puente y no lo cruza a la vez. Hay magnitudes y dimensiones diferentes, es 1 y 0 a la vez, es un bit cuántico.

- *Principio de incertidumbre de Heisenberg.* En las administraciones de la atención a la salud no se pueden precisar los límites de desempeño de las actividades de cada trabajador, funcionario o servicio, semejante a lo que ocurre en la física cuántica, en la que hay indeterminaciones en cuanto a la velocidad y posición de una partícula. Werner Karl Heisenberg señaló que es imposible medir simultáneamente en forma precisa, la posición y momento lineal de una partícula.
- *Principio de exclusión de Pauli.* Cada partícula en la física cuántica es irrepetible, igual que cada trabajador, paciente o servicio en la administración de la atención a la salud.

En las ciencias de la complejidad, las matemáticas son cualitativas, no lineales, su comportamiento no es expresable mediante superposiciones. La lógica matemática ha llevado a la minería de datos, proceso que explora grandes bases de datos, automática y semiautomáticamente, con la finalidad de encontrar tendencias o patrones que expliquen el comportamiento de datos en un contexto determinado. En las bodegas de datos se colocan algoritmos que buscan anomalías, desviaciones o situaciones interesantes pero desconocidas. Además de la base de datos, la minería de datos utiliza la inteligencia artificial (procedimientos para hallar grupos en situaciones similares, clasificar eventos nuevos en categorías conocidas, etcétera) y la estadística, pero, a diferencia de esta última, estudia todos los datos en lugar de tomar solo una muestra. Mientras más precisa es, su poder de predicción y detección aumentan.¹³

Con la cibernetica (tecnología de la información y la comunicación) es posible totalizar, conjugar, reunir y comunicar las características de cada componente de la administración de la atención a la salud, para posibilitar figuras integradoras en forma indeterminista. La cibernetica es una “actitud científica compatible con el progreso del conocimiento del mundo. El determinismo es la actitud compatible con la descripción del mundo”.¹⁴

Entropía, neguentropía, atractores, teoría del caos, fractales, autoorganización y emergencia

Fundamentos de las ciencias de la complejidad son la entropía, la neguentropía, los atractores, la teoría del caos, los fractales, la autoorganización y la emergencia, aplicables a la administración.

Con el surgimiento y la concepción de la termodinámica del desequilibrio se manifiesta la *entropía*, que postula que “la mutación de la energía no es otra cosa que la destrucción de una diferencia, la creación

de otra diferencia".¹⁵ Lo contrario a la entropía (desorden) es la *neguentropía*. La aplicabilidad de la termodinámica del no equilibrio no se reduce a sistemas físicos o biológicos, sino que también arroja luz sobre los sistemas sociales.¹⁶ La entropía y la neguentropía en la administración de la atención a la salud son inherentes a la misma: en la primera, las líneas de mando se suelen perder, las jerarquías se diluyen, hay desinformaciones; en la segunda se cumplen indicaciones, se acatan normas.

En las ciencias de la complejidad, el *atractor* es la "pauta" a seguir y en la administración es la conducta de un sistema en un tiempo determinado. Un sistema es atractor cuando se comporta de determinada manera. Hay atractores negativos, positivos y óptimos.

En la actualidad, cada vez es más frecuente citar la *teoría del caos* en los fenómenos administrativos, a semejanza de lo que ocurre en las ciencias exactas. La teoría del caos no es falta de orden sino cierto orden impredecible, descriptible en forma concreta y precisa, es decir, un orden de dinámica impredecible.¹⁷ Así, en la naturaleza, los ciclones y sismos provocan derrumbes, inundaciones y deslaves. En los grupos sociales, los motines y los disturbios pueden originar muertes, accidentes y violencias. En la salud pública, los gérmenes acompañados de ciertas condiciones ambientales y sociales pueden originar la aparición de epidemias. En la fisiología humana, los ataques epilépticos pueden provocar daños físicos y funcionales inesperados. En la administración de la atención a la salud, la insuficiencia del personal y las demandas excesivas de los servicios de urgencia pueden derivar en confusiones y equivocaciones.

Según la *teoría del caos*, los desempeños de los sistemas naturales y sociales son ordenados y desordenados simultáneamente en sus diferentes niveles y aéreas; con frecuencia presentan comportamientos turbulentos e imprevistos, en especial cuando están bajo la influencia de fuerzas externas

En los fenómenos físicos, las conductas caóticas suelen dar lugar a estructuras emergentes llamadas *fractales*: semejantes a las que les precedieron, son una repetición, es un volver a empezar. Han comenzado a estudiarse las aplicaciones reales y potenciales de la geometría fractal en la administración de la atención a la salud. En la física cuántica, un fractal es una figura que mantiene su forma si se le cambia de escala.

Donde hay réplicas organizativas, un servicio o departamento puede ser reflejo o copia de otra estructura, concepto que sustenta a la denominada "administración fractal".

El caos y los fractales originan respuestas de autoorganización y emergencia, y ocurren cuando los componentes de los sistemas se organizan por ellos mismos dando lugar a sistemas diferentes, "donde las leyes de la entropía quedan temporalmente suspendidas, y donde un orden de un nivel superior puede emerger espontáneamente del caos subyacente".¹⁸ Por su parte, las respuestas de emergencia se definen de la siguiente forma:¹⁹

Emerger es brotar, destilar, una de las operaciones de la transformación alquímica, en tanto manifestación externa de una profunda transformación interna. El nacimiento de una nueva sustancia, no idéntica a su origen sino diferente de aquél. No obstante la alteridad, no hay antagonismo entre el origen y lo emergente, ya que lo emergente apunta a lo que le antecede, pero sin convertirse en réplica exacta de su pasado. Lo emergente es el nuevo presente de un pasado y a su vez, un futuro incalculable, pues lo nuevo también asombra, adviniendo incluso en lo impensable y hasta en lo que algunos consideran lo imposible. Lo emergente es algo nuevo que surge tanto en la dimensión espacial como en la temporal; además, sirve para reflexionar o mejor dicho se convierte en sustancia nutritiva para el pensar.

La administración de la atención a la salud como sistema complejo adaptativo

La administración de la atención a la salud puede concebirse bajo las ciencias de la complejidad. No es una entidad excluyente que se desempeña en dos dimensiones simultáneas, espacio y tiempo, sino que hay cuatro procesos interconectados:

1. Relaciones recíprocas de los ambientes físico y social con la administración de la atención a la salud (insumos, procesos, resultados y retroalimentadores), procesos en los que hay cambios e interdependencias, conductas en diferentes sentidos que no actúan linealmente, ni de forma continua, ni con la misma intensidad.
2. Dinámicas internas en el sistema administración de la atención, procesos sin linealidad en los que el orden se oculta tras el desorden. Lo aleatorio está siempre en acción y lo imprevisible ocurre.
3. Aparición de las respuestas autoorganizadoras, emergentes, no conciliadoras ni lineales. Las respuestas o resultados son diferentes a la suma o a la resta de las fuerzas participantes, manifestándose

- los atractores (pautas hacia las que confluyen diferentes tipos de conductas).
4. Robustez o capacidad de automodificarce como respuesta a las retroalimentaciones. Traduce adaptación, que da lugar a *resiliencia*,²⁰ mecanismo para afrontar adecuadamente situaciones adversas.

Conclusiones

La administración de la atención a la salud bajo las ciencias de la complejidad significa una nueva forma

de articular, coordinar y relacionar a todos los componentes de la misma con propósitos de eficacia, eficiencia y efectividad con un marco ético. La administración de la atención a la salud no es de carácter lineal y ninguno de sus múltiples componentes puede describirse íntegramente.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno en relación con este artículo.

^aÁrea de Sociomedicina

^bÁrea de Evaluación

Subdivisión de Educación Continua, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México

Comunicación con: Guillermo Fajardo-Ortiz; Armando Ortiz-Montalvo

Teléfonos: (55) 5622 0825; (55) 5623 2504; (55) 5622 0825; (55) 5623 2504

Correos electrónicos: gfortiz@unam.mx, aortizmontalvo@gmail.com

Referencias

1. Etzioni A. Organizações modernas. São Paulo, Brasil: Pioneira; 1973.
2. Cordera-Pastor A, Bobenrieth M. Administración de sistemas de salud. México: Guillermo Fajardo-Ortiz y Armando Ortiz-Montalvo editores; 1983.
3. Hodgetts RM, Cascio DM. Modern health care administration. Dubuque, Iowa: Brown Benchmark; 1993.
4. Fajardo-Ortiz G. Atención a la salud. Teoría y práctica administrativas. México: La Prensa Médica Mexicana; 1983.
5. Breith J. Epidemiología crítica. Ciencia emancipadora e interculturalidad. Buenos Aires, Argentina: Lugar Editorial; 2009.
6. Ruelas E. ¿Por qué los sistemas complejos y el caos aplicados a los sistemas de salud? En: Ruelas-Barajas E, Mansilla R, compiladores. Ciencias de la complejidad y la innovación médica. México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México/Secretaría de Salud; 2005. p. 19-20.
7. Souza-Minayo MC. El desafío del conocimiento investigación cualitativa en salud. Buenos Aires, Argentina: Lugar Editorial; 1997.
8. Balandier G. Le désordre. Paris, France: Librairie Arthème Fayard; 1988.
9. Freyman R. Genious. The life and science. New York, USA: Pantheon Books; 1997.
10. Ramis-Andalia RM. Complejidad y salud en el siglo XXI. Rev. Cubana Salud Pública. 2007;33(4). Texto libre en http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662007000400011&nrm=iso&lng=en
11. Mayntz R. Modelos científicos, teoría sociológica y el problema macro-micro. REIS: 2002;(98):65-78. Texto libre en <http://www.jstor.org/discover/10.2307/40184438?uid=3738664&uid=2129&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21101570435793>
12. Haeyan S. De cuánticos charlatanes. Replicante. 2006; II(8):123.
13. Martínez-Luna GL. Minería de datos: cómo hallar una aguja en un pajar. Ciencias. 2011;62(3):18-28.
14. Wagensberg J. Ideas sobre la complejidad del mundo. Barcelona, España: Tusquets; 1998.
15. Prigogine I, Stengers I. La nouvelle alliance, métamorphose de la science. Paris, France: Gallimard; 1970.
16. Sagan D, Schneider E. La termodinámica de la vida. Barcelona: Tusquets; 2008.
17. Ott E. Chaos in dynamical systems. New York, USA: Cambridge University Press; 2002. Texto libre en <http://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam033/2001052863.pdf>
18. Johnson, S. Sistemas emergentes. Madrid, España: Fondo de Cultura Económica; 2003.
19. Méndez A.F. El acto de emerger. Rev Conspiratio [Internet]. 2011;II(9):16.
20. Marion R, Bancon J. Organizational extinction and complex systems. Emergency. 2000;1(4):17-96.