

## La Enfermedad: “Una Visión desde la Teoría del Caos y de los Fractales”

Olivia M. Chávez Grimaldi M.D.<sup>1</sup> Rafael J. Chávez Grimaldi M.D.<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se analiza el concepto de la enfermedad bajo un nuevo enfoque filosófico aplicado a la Teoría del Caos y de los Fractales, como una técnica del pensamiento complejo; pretendiendo generar en la comunidad médica inquietud e interés en el tema y de esta manera lograr una transformación epistémica significativa en el conocimiento científico. Para ello se revisa, en primer término, los principios de la complejidad y posteriormente los principios de ambas teorías; para luego aplicarlos a la práctica clínica. Se concluye esta revisión afirmando que, tanto la Teoría del Caos como la de los Fractales, son un modelo de la complejidad que permiten entender mejor el comportamiento del ser humano enfermo. Así mismo se plantea que a través de estos modelos, podemos diseñar un proyecto transdisciplinario que permita enfocar la enfermedad como un fenómeno heterogéneo y multicausal creando así nuevos modelos de abordaje en el tratamiento de las enfermedades.

**PALABRAS CLAVE:** Enfermedad. Complejidad. Fractales.

<sup>1</sup>Médico Internista Intensivista. Postgrado en Educación Superior. Magister en Investigación Educativa. <sup>2</sup>Medicina Ocupacional Correspondencia a: Dra. Olivia Chávez Grimaldi. Unidad de Cuidados Intensivos, Ciudad hospitalaria Enrique Tejera, Valencia, Estado Carabobo. Venezuela.

MEDICRIT 2006; 3(3):78-84

NLM ID: 101253595

Indexada en la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal REDALYC, IMBIOMED y en PERIÓDICA, Base de datos de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Recibido el 11 de Mayo de 2006.

Aceptado el 30 de Mayo de 2006

Para comentarios sobre este artículo, favor dirigirse a:  
ediciones@medicrit.com

MEDICRIT © 2006.

DERECHOS RESERVADOS.

SIENDO LA COMPLEJIDAD UN TEMA ABORDADO DESDE LAS MÁS diferentes disciplinas, con la finalidad de elevar el conocimiento a niveles más complejos y mejor estructurados y, conociendo que la medicina ha tenido un enorme desarrollo tecnológico durante el último siglo; se presenta esta revisión en donde se analiza el tema de la enfermedad desde una visión de la Teoría del Caos y de los Fractales como una herramienta valiosa del pensamiento complejo para el análisis y comprensión del modelo biológico, y lograr así una transformación epistémica significativa dentro del conocimiento médico que nos permita crear nuevos modelos para un mejor abordaje de las enfermedades. Transformación epistémica que permita reconocer la confluencia compleja múltiple e interactiva de diversas disciplinas; indispensables para dar cuenta de la heterogeneidad del fenómeno que nos corresponde estudiar. La complejidad se instala definitivamente sustituyendo el reduccionismo y a la simplificación; el reconocimiento de lo inacabado e incompleto de los saberes, su carácter provisorio y su replanteo crítico permanente están presentes en la descripción actual de los procesos patológicos; y su continua transformación constituye la manifestación más rotunda de este fenómeno. De esta manera, se presentan los principales conceptos de la Teoría del Caos y de los Fractales; mostrando la importancia y aplicaciones que tiene para el enfoque multidimensional, multicausal, y complejo de la enfermedad con la finalidad de generar inquietud e interés en el médico de hoy que busca cada día elevar su conocimiento en pro y en beneficio del ser humano enfermo.

## LA COMPLEJIDAD

La complejidad es el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico<sup>13</sup>; presentándose así con los rasgos inquietantes de lo enredado, de lo intrincable, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre... Dice Edgar Morin “el cosmo no es una máquina perfecta, sino un proceso en vías de desintegración y, al mismo tiempo, de organización.”<sup>14</sup> De esta manera, podemos entender que la complejidad no se reduce a la incertidumbre, es la incertidumbre en el seno de los sistemas ricamente organizados. La complejidad está así ligada a una cierta mezcla íntima de orden y de desorden, representa un método de pensar la experiencia humana, recuperando el asombro ante el milagro doble del conocimiento y del misterio, que asoma detrás de toda filosofía, de toda ciencia, de toda religión, y que aúna a la empresa humana en su aventura abierta hacia el descubrimiento de nosotros mismos, nuestros límites y nuestras posibilidades. El pensamiento complejo es por tanto una aventura, pero también un desafío.<sup>1</sup> La ambición del pensamiento complejo es rendir cuenta de las articulaciones entre dominios disciplinarios para alcanzar así un conocimiento multidimensional, en donde las verdades profundas, antagonistas una de las otras, son complementarias sin dejar de ser antagónicas; en donde se aspira alcanzar un saber no parcelado y reconocer lo inacabado e incompleto de todo conocimiento.<sup>4</sup>

La dificultad del pensamiento complejo es que debe afrontar lo entramado (el juego infinito de inter-retroacciones), la solidaridad de los fenómenos entre sí, la bruma, la incertidumbre, la contradicción; existiendo para ello técnicas de abordaje, entre las que figura la Teoría del Caos y la Teoría de los Fractales, mediante las cuales podemos entrever este nuevo paradigma de complejidad que nos permitirá analizar el tema de la Enfermedad desde una visión más amplia, como un todo dentro de sus partes, en donde se propone la inseparabilidad de los aspectos físicos, biológicos, sociales, psicológicos, antropológicos, econó-

micos, biológicos, moleculares, genéticos; bajo un proyecto transdisciplinar, que permita el enriquecimiento del conocimiento y de la práctica médica a través del alcance de diversas disciplinas, con el propósito de construir nuevos modelos en el abordaje y el tratamiento del ser humano enfermo.<sup>12</sup>

Al iniciarnos por tanto en el abordaje de la enfermedad como un fenómeno multidimensional, se hace necesario definir primero el concepto de vida como un estado y no como una propiedad o condición del ser humano.<sup>11</sup> Como estado que ocurre por tanto en entes vivos, participa de la complejidad de ellos y realiza sin cesar los cambios y ajustes acordes con los procesos vitales. La vida conviene lo mismo a células, tejidos y órganos, que a individuos completos y a la familia, la sociedad o la nación. Para su conservación se requiere del “adecuado funcionamiento interno” el cual puede tener tantas modalidades como sistemas se sometan a análisis, pero se requiere también de una relación plena y ordenada con el ambiente. La progresiva complejidad y organización de los sistemas biológicos permitirá al ser humano ser capaz de una forma individual y colectiva de funcionar totalmente en su entorno físico y social. Los seres vivos son por definición “sistemas hipercomplejos” y en el caso del ser humano, son también “adaptativos”, porque toman datos de su funcionamiento interno y del ambiente que los rodea para automodificarse en algunas de sus características. De esta manera el ser humano como un sistema hipercomplejo adaptativo, es capaz de responder ante la agresión de la enfermedad y lograr la adaptación al medio adaptando incluso ese medio a sus necesidades. No es el cuerpo el que enferma sino el ser humano. Más aún la persona humana dotada de emoción y conciencia, afectiva, y capaz de conocer, imaginativa y social; es la que enferma o sana, la que vive o muere... Y esta “persona humana” no pertenece al campo de la biología solamente, ya que no sólo nace sino que se hace en los intercambios sociales en los que participa y en cuyo ambiente se desenvuelve.<sup>15</sup>

La Teoría de la Complejidad, aplicada a la medicina, plantea que en la raíz de la totalidad de los sistemas complejos, o sea de los sistemas

caóticos, desde el comportamiento de las moléculas hasta la acción integradora que mantiene el equilibrio de la vida en su hábitat y en sociedad, se encuentra un cuerpo de reglas todavía no identificadas, las cuales darán lugar a una teoría unificada de los sistemas no lineales, y que serán trascendental dentro del campo médico. Un enfoque complejo sólo será posible a partir de equipos interdisciplinarios en interacción permanente que permitan aproximarnos al ser humano enfermo.

---

VISIÓN DE LA ENFERMEDAD DESDE LA  
TEORÍA DEL CAOS

---

El primer experimentador del caos fue un meteorólogo llamado Edward Lorenz.<sup>16</sup> En 1960 estaba trabajando en el problema de predecir el tiempo. Tenía un ordenador que calculaba el tiempo con doce ecuaciones. La máquina no predijo el tiempo, pero en principio predijo cómo sería el tiempo probablemente. Un día, en 1961, Lorenz quiso ver unos datos de nuevo. Introdujo los números de nuevo en el ordenador, pero para ahorrar con el papel y el tiempo, solo calculó con tres números decimales en lugar de seis. Le salieron resultados totalmente diferentes. Lorenz intentó encontrar una explicación. Así surgió la Teoría del Caos y al efecto que tienen las diferencias pequeñas e iniciales, después se le dio el nombre de "efecto mariposa". El "efecto mariposa" es que los factores muy pequeños y simples pueden formar parte de un sistema muy complejo; tiene que ver con la precisión de predicción de un sistema total. La mariposa no es capaz de causar un huracán pero forma parte de un sistema cuyas condiciones posteriores incluyen el huracán.<sup>20</sup> Este fenómeno y toda la Teoría del Caos es también conocido como dependencia sensitiva de las condiciones iniciales de un sistema.

Así surgió la nueva ciencia que todavía en nuestros días es aún muy joven. Una de sus ideas principales es que cambios pequeños pueden causar cambios enormes, así mismo expresa esta Teoría que mientras es casi imposible predecir exactamente el estado futuro de un sistema, es posible, y aún más, muchas veces fácil, modelar el comportamiento gene-

ral del sistema. Los sistemas caóticos no son hechos al azar, y se conocen por unos rasgos muy simples:

1. Son deterministas, hay algo que determina su comportamiento.
2. Son muy sensitivos a las condiciones iniciales.
3. Parecen desordenados, o hechos al azar. Pero no lo son. Hay reglas que determinan su comportamiento.<sup>20</sup>

El cuerpo humano también es un sistema caótico. Está claro que es imposible predecir el recorrido que una partícula tendrá dentro de nuestro organismo. También está claro que la medicina todavía no puede hacer una predicción acerca de la evolución del cuerpo de una determinada persona. Sin embargo, el cuerpo humano, a pesar de las muy diferentes condiciones externas a que puede estar expuesto (clima, alimento, esfuerzo, físico, etc), siempre mantiene una forma general.

La enfermedad es un fenómeno que ocurre dentro de un sistema caótico y dicho sistema lleva a cabo fenómenos de adaptación para superarla o adaptarse a la misma, conservando siempre su estructura general, ya que el mismo, a pesar de ser flexible, es también estable. Es hora de abandonar creencias tradicionales como que la salud está asociada a sistemas periódicos y ordenados, mientras que la enfermedad lo estaría en alteraciones de ese orden.<sup>19</sup> Un ejemplo a lo anteriormente señalado lo constituye en el corazón, el ritmo y la frecuencia cardíaca. Conocemos aproximadamente cuál debería ser, pero el mismo puede tener variaciones. Estas pequeñas alteraciones son una señal de salud del corazón, una muestra del vigor del sistema caótico, que es flexible a los cambios. El caos permite al corazón un abanico de comportamientos (grados de libertad) que le permiten volver a su ritmo normal después de un cambio.

Siendo la enfermedad entonces un fenómeno que va a desencadenar en el ser humano fenómenos de adaptación y supervivencia, las propiedades emergentes de los seres vivos, que son de carácter adaptativo y propias de los sistemas de alta organización, o sea de los sistemas no lineales, los ahora denominados sistemas caóticos, no pueden ser explicadas por la sim-

ple observación de los componentes estructurales y las funciones básicas de las partes que constituyen un organismo viviente.<sup>17</sup> El organismo viviente es un sistema complejo de adaptación a condiciones externas, cuya supervivencia se debe a un conjunto de fenómenos que se desarrollan de manera impredecible dentro de sus altos niveles de organización funcional jerárquica, muy sensible a condiciones iniciales, a un comportamiento no periódico y a la recurrencia de ciertos patrones a diferentes escalas espaciales y temporales.

La persona enferma, en su respuesta a la agresión que representa la enfermedad, es un modelo de adaptación, extremadamente sensible a las condiciones iniciales, adaptación que permite la supervivencia. El manejo del paciente consistirá entonces en la exploración y comprensión, en el entendimiento del funcionamiento adaptativo generado por la enfermedad. Para comprender mejor el enfoque de la Enfermedad desde la Teoría del Caos, se hace necesario conocer algunos términos importantes utilizados dentro de esta Teoría:<sup>5</sup>

#### ESPACIO DE FASE

Es la representación gráfica del comportamiento de un sistema. Existen varias técnicas para elaborarlos. Una de ellas se logra, graficando las diferentes variables del sistema en un gráfico de coordenadas; otra es relacionando una función, contra la derivada de dicha función; también se puede representar una función, contra sí misma, introduciendo un desfase.

#### ATRACTOR

Es la figura que se genera en el espacio de fase. Existen varios tipos de atractores:

Atractor Puntual: Cuando las variables de un sistema tienden a un valor estable o al reposo.

Atractor de ciclo límite: Este tipo de imagen se observa cuando se estudian sistemas de comportamiento cíclico completamente regular. Este atractor se confina a un subespacio dentro del espacio de fase, pero las trayectorias que describen las variables son siempre iguales, siendo predecible su comportamiento en el tiempo.

Atractor extraño o caótico: Es el atractor de

los fenómenos de comportamiento caótico. Sus características tienen formas muy variadas con trayectorias impredecibles localmente, pero se circunscribe en un mismo subespacio del espacio de fase, representándose así, la llamada estabilidad global con inestabilidad local mencionada anteriormente.

Algunos autores han sugerido que la salud es un punto de atractor caótico, que debe coexistir con un atractor fijo: la muerte. La enfermedad sería entonces un estado en que el sistema se ha alejado del punto de atracción "salud", debido a una o múltiples causas.<sup>21</sup> Muchas enfermedades se recuperan espontáneamente, en este caso el empleo de un tratamiento médico afectaría más la velocidad de recuperación que la recuperación misma, sin embargo, en otros casos la enfermedad puede ser fatal y el tratamiento es esencial, aunque muchas veces no podemos predecir si tendrá o no éxito el tratamiento.

La línea que existe entre la recuperación y la progresión de la enfermedad, entre la vida y la muerte, es una línea fina, compleja y muy contorsionada, en donde se involucran múltiples factores no permitiendo, en muchos casos, poder predecir con certeza su evolución y pronóstico. La enfermedad sería, en este caso, un fenómeno complejo, multidimensional, multifacético, que pone en marcha, dentro de un sistema caótico, en este caso el ser humano, una serie de fenómenos de adaptación que determinarán la recuperación, supervivencia o la muerte, ejerciendo por tanto, los componentes múltiples de este sistema, interacciones internas y recibiendo además numerosas influencias externas.

No hace falta comprender todo el movimiento caótico para regularlo; basta con conocer a qué dirección tiende el proceso, y modificando, muchas veces, perturbaciones pequeñas, podemos lograr que esté de nuevo en el camino deseado.<sup>2</sup> Parece necesario reflexionar, en este sentido, sobre la importancia que en nuestra sociedad tiene la aparente capacidad de predecir el desarrollo de ciertas enfermedades en determinadas personas las cuales presentan ciertas características que pudieran representar factores de riesgo, y que de alguna manera podemos modificarlos. Para ello es indispensable

ble que el médico de hoy reconozca dentro del contexto de la enfermedad, la confluencia de numerosas causas y factores moduladores de su génesis y evolución. Sin esta concepción no lograremos resolver o mejor aún prevenir muchas enfermedades.

Se hace necesario la articulación de otras disciplinas, indispensables para dar cuenta de la heterogeneidad del fenómeno que nos corresponde abordar. Las dimensiones sociales, psicológicas, biológicas, genéticas, moleculares, antropológicas, no son compartimientos estancos, sino los múltiples rostros de una misma enfermedad; los cuales de una manera directa o indirecta, de una manera simple o compleja, de una manera primaria o secundaria pudieran estar influyendo en la recuperación o progresión de una determinada enfermedad, estableciendo así la dirección entre el límite de atracción caótico "salud" y el límite de atracción fijo "muerte". En la medida que podamos enriquecer nuestra práctica diaria, convocando a las más diversas disciplinas, con el propósito de construir nuevos modelos de abordaje y tratamiento de las enfermedades, lograremos como dice Edgar Morin "domesticar" o regular el caos;<sup>20</sup> dirigiendo el proceso para que esté de nuevo en la dirección deseada.

---

VISIÓN DE LA ENFERMEDAD DESDE  
LA TEORÍA DE LOS FRACTALES

---

La palabra "fractal" proviene del latín "fractus", que significa "fragmentado", "fracturado", o simplemente "roto o quebrado", muy apropiado para objetos cuya dimensión es fraccionaria.<sup>18</sup> Según B. Mandelbrot, se denomina fractal a aquel objeto o estructura que consta de fragmentos de orientación y tamaño variable pero de aspecto similar.<sup>7</sup> Sus características les confieren propiedades geométricas especiales en cuanto a su longitud y la relación entre el área de superficie y su volumen, lo que hace que se requieran herramientas matemáticas diferentes a las convencionales para cuantificarlos. La aplicación de la geometría fractal nos permite intuir y conocer los segmentos pequeños y los grandes, nos permite conocer el límite de lo ilimitado de to-

das las cosas.<sup>9</sup>

La Geometría Fractal nos ha revelado de manera contundente este proceso de repetición constante en cada una de las dimensiones y de como se va llevando de algo inconsistente y fuera de forma a algo reconocible para nosotros. Esta manera de comprender las cosas nos lleva a pensar que somos parte de todo y que absolutamente todo influye en nuestro devenir.

En el cuerpo humano existen muchas estructuras con geometría fractal, como son la red vascular, el árbol bronquial, la red de neuronas, la mucosa intestinal, entre otras.<sup>3</sup> La importancia de la geometría fractal en el organismo es que permite optimizar la función de los sistemas ya que tienen una gran superficie con muy poco volumen. Los pulmones por ejemplo, tienen un área de intercambio de aproximadamente 150 metros cuadrados, mientras que el volumen total es de unos 7-8 litros.<sup>6</sup>

Así como existen estructuras con geometría fractal, existen fenómenos con características fractales, ya que poseen patrones de comportamiento que se repiten en diferentes escalas de tiempo. Estos fenómenos pueden ser caracterizados con el uso de las herramientas matemáticas de la geometría fractal. La Teoría Fractal es por lo tanto, una herramienta válida y útil para el estudio de fenómenos dinámicos del cuerpo humano, y permite una aproximación más acorde con la complejidad y la no linealidad de dichos procesos.

De esta manera, los fenómenos con comportamiento fractal (los procesos biológicos normales y patológicos) pueden representarse por medio de gráficos, de líneas; y a estos gráficos o líneas se les puede medir la dimensión fractal; entendiéndose como dimensión fractal la representación o cuantificación de las características de los objetos que tienen geometría fractal. A través de esta teoría, llevando a cabo una visión más compleja del fenómeno enfermedad, podemos explicar muchos de sus procesos que nos permitirán su mejor entendimiento. Un ejemplo de la aplicación en las enfermedades de la Teoría de los Fractales lo constituye el trabajo realizado por el Dr. Juan José Aranda junto con su equipo de trabajo;<sup>10</sup> quien utilizó técnicas fractales para predecir la osteoporosis, a través de la utilización de un

programa en computación que comparaba texturas de los huesos y hacía una aproximación con técnicas fractales, viendo qué tanto se acerca la textura ósea del paciente a una textura de un hueso enfermo, es lo que conocemos en la actualidad como densimetría ósea, método de gran valor en la prevención y diagnóstico precoz de la osteoporosis, permitiendo así el tratamiento adecuado y temprano de esta enfermedad tan temida, la cual una vez establecida, resulta imposible su regresión.

La Medicina contemporánea ha adquirido un grado de complejidad científica tan elevado convirtiéndose en una disciplina difícil de abordar sin recurrir a las relaciones de otras ramas del saber. En este caso las Matemáticas, hasta hace poco para los médicos un tema espinoso, árido y poco comprendido, se ha convertido en una de sus más valiosas herramientas en la interpretación y análisis de las enfermedades.

Vemos como la multiplicidad de conocimientos hace cada vez menos probable que la formación profesional médica compartimentada y encerrada en sus estrechas fronteras disciplinarias resulte suficiente para la comprensión de las enfermedades; las cuales constituyen un ejemplo paradigmático en el cual puede reconocerse la confluencia compleja, múltiple, interactiva, y en ocasiones, impredecible, de numerosas causas y factores que intervienen en su génesis.

---

## CONCLUSIONES

---

La Teoría del Caos y la Teoría de los Fractales son un modelo útil dentro de la complejidad que permiten entender mejor el comportamiento de los sistemas dinámicos-complejos, en nuestro caso, al ser humano enfermo.

La Teoría del Caos y la de los Fractales se integran y complementan entre sí, mientras la clave de la Teoría del Caos es la sensibilidad de las condiciones iniciales y la impredecibilidad; los fractales se caracterizan por la autosimilitud y la invariabilidad a escala. Muchos fractales no son absolutamente caóticos, sin embargo el caos y los fractales tienen mucho en común. Bastantes fenómenos caóticos tienen una estructura fractal subyacente, por ejemplo sus atractores.

La enfermedad no puede ser vista como un fenómeno exclusivamente biológico, y los recursos terapéuticos no pueden limitarse sólo a la farmacología o a la intervención anatómica directa. Para ello se requiere sustituir el reduccionismo y la simplificación por un pensamiento complejo en donde se proponga un proyecto transdisciplinar que plantee la inseparabilidad de los aspectos físicos, biológicos y sociales de la enfermedad; enfocándola como un fenómeno heterogéneo y multicausal creando así nuevos modelos de abordaje en el tratamiento de las enfermedades.

---

## REFERENCIAS

1. Aguledo GM, Alcalá JG. La Complejidad. <http://lw15fd.law15.hotmail.msn.com/cgi-bin/dasp/hmat.asp.htm>.
2. Alvarez D, Farbiarz J, et al. Construcción de Atractores para el Análisis de Complejidad de Señales Biológicas. <http://www.icfes.gov.col...pensa/Ponencias/.doc>.
3. Bassingthwaight L, Liebovitch L, West, B. Fractal Physiology. *Am Physiol Soc*. 1994.
4. Bedoya F. El Pensamiento Complejo: Una Introducción a La Complejidad. <http://64.4.22.250/cgi-bin/getmsg?curmbox=flf930099d9b27405d31294e5..complexus.org/garcia/edgar/htm>.
5. Farbiarz FJ, Alvarez, DL. Inteligencia Artificial Aplicada a la Medicina y Caos y Fractales en Medicina. <http://www.fepa-den.org/conferenciaint/farbiarz.htm>.
6. Farbiarz FJ, Alvarez, Diego y Colab. Bioseñales: Nuevos Programas para el Diagnóstico Médico. [www.icfes.gov.col/...pensa/Ponencias/biosenales%20nuevos%20programas%20para%20el%20diagnostico%20médico.doc](http://www.icfes.gov.col/...pensa/Ponencias/biosenales%20nuevos%20programas%20para%20el%20diagnostico%20médico.doc). FRACTALES%20EN%20C HILE.htm.
7. Goldberger D, Ringey D, West B. Caos y Fractales en la Fisiología Humana. *Scientific Americar*. Primera edición. 1991. 109-116. 1991. <http://www.lander.es/~lmisa/complej.html>
8. Lozano JA. Las Matemáticas, Física y Química... y al Principio Fue el Caos.
9. Mandelbrot BB. La Geometría Fractal de la Naturaleza. Tusquest Editores SA. Barcelona. 1997.
10. Mendoza VJ. Sobre La Definición de la Salud. *Medicina: Revista de la Academia Nacional de Medicina, Colombia*. 2000; (22):1:52, <http://anm.encolombia.com/m03JMendoza.htm>
11. Mendoza J. La Salud, Un Fractal Abstracto. Bases para una Propuesta de Definición. *Medicina: Revista de la Academia Nacional de Medicina, Colombia*. 1998; (20):2:48, disponible en la <http://anm.encolombia.com/fractal.htm>
12. Morin E. Encuentro con el Pensamiento Complejo.
13. Morin E. Introducción al Pensamiento Complejo. <http://www.lander.es/~lmisa/complej3.html>.
14. Morin E. Reflexiones. Edgar Morin, Pensamiento Complejo

15. Najmanovich D, Vera L. Pasos Hacia un Pensamiento Complejo en Salud. Claves 2004; 20
16. Navalpotro A. ¿De que va la Teoría del Caos? Exploración 2001; 19:19
17. Patiño JF. Caos, Complejidad y Cirugía. Rev Colomb Cir 2000;15:209-213
18. Patiño J. Caos y Complejidad: Las Ciencias Del Siglo XXI. Lecturas de Nutrición 2000; 6:35-42
19. Perez R. Aplicaciones de los Fractales en Medicina. <http://www.geocities.com/capecanaveral/cockpit/5889/aplicmed.html>
20. Suarez N, Lucas J. La Teoría Del Caos. <http://platea.pntic.mec.es/~jdelucas/teoriacaos.htm>
21. Trilla, A. El Caos y la Predicción Médica. Med Clin Barc 1998; 110:619-20.

Medicrit © 2006, Derechos Reservados.