

## Aplicaciones de la Teoría del caos en medicina

### Applications of Chaos Theory in Medicine

Zurina Lestayo O'Farrill <sup>1\*</sup>

0000-0001-8945-0339

José Luis Hernández Cáceres <sup>2</sup>

0000-0002-4406-444X

<sup>1\*</sup> Instituto de Neurología y Neurocirugía. La Habana. Cuba

<sup>2</sup> Centro de Neurociencias de Cuba (CNEURO). La Habana, Cuba

#### RESUMEN

La Teoría del Caos surgió relacionada con las ciencias naturales, pero en la actualidad su campo de aplicación es cada vez más amplio porque el pensamiento complejo ha ofrecido solución a numerosos sistemas en la naturaleza, la biología y otras muy diversas esferas de la vida, como la economía y la lingüística, entre otras. En este artículo se pretende ofrecer una panorámica sobre las principales aplicaciones del caos en medicina, dado que muchos procesos en medicina manifiestan aparente desorden, complejidad y caos. Se analizarán, en particular, las opiniones existentes entre los investigadores sobre la presencia y significado del caos en los procesos metabólicos, las enfermedades cardíacas y la actividad cerebral, ya que son las áreas médicas que expresan los comportamientos más complejos. También se expondrán los resultados de la aplicación de las matemáticas del caos en la epidemiología. Es importante apropiarse de este nuevo enfoque porque comprender el caos confiere al hombre, en cualquier campo que se desempeñe, una visión más clara de la realidad. El abordaje científico aplicando la teoría del caos, conlleva la creación de un equipo multidisciplinario, que enfrente la complejidad desde todas las aristas posibles y del que puedan surgir ideas que rebasen las fronteras del paradigma científico tradicional. Según los expertos sobre el tema, la Teoría del Caos seguirá teniendo un espacio importante en el futuro. Es un reto, una necesidad y un deber para los investigadores de las diferentes ramas y especialidades, estar preparados.

**Palabras clave:** caos en medicina; sistemas caóticos; sistemas no lineales.



## ABSTRACT

Chaos Theory arose in connection with the natural sciences, but today its field of application is increasingly broad because complex thinking has offered solutions to numerous systems in nature, biology and other very diverse spheres of life, such as economics and linguistics, among others. This article aims to offer an overview of the main applications of chaos in medicine, given that many processes in medicine show apparent disorder, complexity and chaos. In particular, the existing opinions among researchers about the presence and meaning of chaos in metabolic processes, heart disease and brain activity will be analyzed, since these are the medical areas that express the most complex behaviors. The results of the application of the mathematics of chaos in epidemiology will also be presented. It is important to appropriate this new approach because understanding chaos gives man, in whatever field he works, a clearer vision of reality. The scientific approach applying chaos theory entails the creation of a multidisciplinary team that faces complexity from all possible angles and from which ideas can arise that go beyond the borders of the traditional scientific paradigm. According to experts on the subject, Chaos Theory will continue having an important space in the future. It is a challenge, a necessity and a duty for researchers from different branches and specialties to be prepared.

**Keywords:** chaos in medicine; chaotic systems; nonlinear systems.

**Recibido:** 14/07/2022

**Aprobado:** 14/10/2022

## Introducción

La Teoría del caos provee una metodología que permite resolver los problemas no lineales de los sistemas con comportamiento impredecible y facilita explicar y tratar de establecer relaciones causales entre eventos. Tiene como ventaja que explica la dinámica compleja y turbulenta a través de patrones y principios sencillos. En los inicios se relacionó el caos con el desorden y en la actualidad se conoce que es una forma más compleja de orden: La dinámica no lineal permite modelar el cambio como un proceso de auto organización, donde un sistema que se aleja de la región de estabilidad alcanza un punto de bifurcación y experimenta un cambio de régimen.

El viejo paradigma dice que: “Sistemas sencillos se comportan de modo sencillo; sistemas complejos, de modo complejo”. La Teoría del Caos provoca su sustitución por



Este documento está bajo [Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

el nuevo paradigma, en el que “Sistemas sencillos pueden dar lugar a comportamientos complejos y los sistemas complejos no necesariamente llevan asociados respuestas complejas”<sup>1</sup>

La Teoría del Caos no es solamente un nuevo cristal para comprender la turbulencia dentro de la naturaleza, las caprichosas formas que exhibe y los patrones de conducta a los que obedece. Más allá de esto, aparece también como una herramienta valiosa para entender el comportamiento de la conducta humana y social, los fenómenos económicos, así como la evolución de la tecnología y de la actividad industrial. <sup>(2), (3),(4),(5),(6), (7), (8),(9),(10),(11)</sup>

Se ha descubierto que en algunos de los procesos del funcionamiento de los sistemas biológicos también existe una componente caótica. <sup>12</sup> En el ámbito de la fisiología y la salud, sin duda, el corazón y el cerebro son los sistemas que más atención han recibido, debido a la frecuencia con la que su comportamiento manifiesta aparente desorden y caos.

En las neurociencias, existen opiniones contrapuestas sobre si el comportamiento caótico es sugestivo de enfermedad o de la diversidad en el comportamiento normal de la función de un órgano, sistema o aparato de los organismos vivos. <sup>13</sup>

Los filósofos León Glass y Michael Mackey de la universidad de McGill, describieron los cambios de orden a desorden como enfermedades dinámicas y veían el caos como signo de patología o pérdida de control de dicho sistema. Sin embargo, hay evidencias crecientes que apoyan el hecho de que el caos juega un rol positivo en la fisiología del organismo. La dinámica de un sistema fisiológico saludable podría ser irregular y altamente compleja, mientras que las enfermedades así como el envejecimiento están asociadas a menor complejidad y mayor regularidad. Un número cada día mayor de investigadores en el campo de las neurociencias, coinciden en que para comprender el funcionamiento del cerebro se tienen que comprender las matemáticas del caos. <sup>14</sup>

El objetivo de este trabajo es ofrecer una panorámica sobre las principales aplicaciones del caos en medicina, dado que muchos procesos en ella manifiestan aparente desorden, complejidad y caos.

## Método

Se realizó una revisión documental en las bases de datos bibliográficas de cobertura general y en artículos de revistas, comunicaciones, congresos, conferencias online, entre otros medios, velando por la experticia de los autores y la calidad de la información que ofrecían. Se organizó y unificó la información obtenida, con vistas a



exponerla de manera clara, simplificada y sin complejidades excesivas, para que pudiera resultar útil a profesionales de diferentes ramas, no expertos en matemática, física o en teoría del caos; que se cumpliera el objetivo de introducir el tema y actualizar a los lectores sobre las principales aplicaciones de las matemáticas del caos en medicina.

## Desarrollo

En medicina, algunos sistemas manifiestan aparente desorden, complejidad y caos. Los más importantes son los procesos metabólicos, las enfermedades cardíacas, la actividad cerebral y los comportamientos epidemiológicos.<sup>(8),(13)</sup> Analizaremos a continuación las opiniones relacionadas con la presencia, significado e importancia del caos en estos sistemas.

### Caos en sistemas metabólicos

En varios sistemas bioquímicos se ha encontrado dinámica caótica. Estos van desde los estrictamente monoenzimáticos (el caso de la reacción catalizada por la peroxidasa) hasta los compuestos por muchas enzimas, como es el caso de la ruta metabólica de la glicólisis.<sup>13</sup>

El proceso metabólico de la glicólisis consiste en 10 reacciones enzimáticas consecutivas donde la glucosa se degrada a piruvato, liberando energía en forma de ATP.

Desde hace tiempo se había observado que la glicólisis presenta en determinadas condiciones un comportamiento oscilatorio o periódico. Posteriormente se encontró que la ruta glicolítica de levaduras mostraba dinámica caótica cuando eran expuestas a un suministro periódico de glucosa.

A continuación se muestra el registro por fluorescencia de los niveles de NADH en el medio de reacción (curva superior) y la variación sinusoidal de la velocidad de entrada de glucosa a la ruta metabólica (curva inferior). (Fig. 1)<sup>13</sup>

Nótese que en determinadas condiciones (velocidad de entrada de glucosa) se evidencia un comportamiento oscilatorio o periódico. Sin embargo, al variar sinusoidalmente la velocidad de entrada de la glucosa (frecuencia de la función



sinusoidal de entrada de glucosa), el flujo a través de la ruta (niveles de NADH) puede pasar de periódico a caótico.

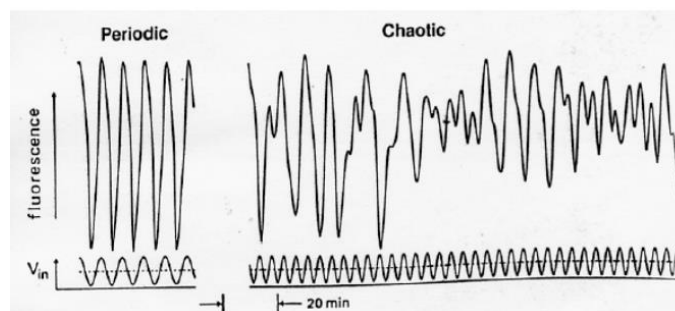


Fig. 1- Registro experimental de dinámica caótica en glicolisis.<sup>13</sup>

### Caos en la actividad cardíaca

Un electrocardiograma normal (ECG) presenta actividad periódica estable (sucesión de complejos QRST), con intervalos RR regulares. El comportamiento caótico en la actividad cardíaca, como la aparición de actividad arrítmica periódica, tiene significado patológico (Fig. 2). El ECG de la fibrilación auricular es descrito, desde hace tiempo, como un ECG caótico, por su apariencia. En este caso, se manifiesta un ritmo irregular en la aurícula, de muy alta frecuencia. Estudios de su dinámica, en el marco de la teoría del caos, han demostrado que su calificación como ritmo caótico, era acertada.



Fig.2- Panel superior, se observa el ritmo cardíaco normal, caracterizado por la actividad periódica regular y en el panel inferior la actividad irregular caótica que caracteriza a la fibrilación auricular.

En cardiología, la variación en la frecuencia o ritmo cardíaco refleja el funcionamiento del sistema nervioso autónomo. Esta variabilidad puede ser caótica y tiene rasgos



fractales. Este comportamiento se atenúa mediante el bloqueo parasimpático con atropina. En este caso la pérdida de fractalidad indica una degradación del sistema nervioso autónomo.

Aunque el caos en cardiología traduce enfermedad, en el ECG de personas sanas puede aparecer cierta aperiodicidad cuyo origen no es la actividad aperiódica del sistema nervioso que controla la actividad cardíaca. Por otro lado, otros estudios han puesto de manifiesto la aparición de episodios de periodicidad “excesiva” en los ECG justo antes de un paro cardíaco. Se ha demostrado que con el envejecimiento el ECG se hace más regular y disminuye la complejidad de la FC y la TA diferencial. Pero donde el caos es sinónimo de salud y la periodicidad de patología es en el caso de la actividad cerebral.<sup>13</sup>

### Caos en la actividad neuronal

Las neurociencias abordan diferentes niveles del sistema nervioso desde una simple neurona, un elemento altamente no lineal, al cerebro en su totalidad, un sistema altamente complejo.

En patologías neurológicas como la enfermedad de Parkinson, la epilepsia, las discinesias, se afecta la transmisión nerviosa de manera interesante.<sup>13</sup>

Se conoce que cuando se rompe el equilibrio transitorio de las membranas neuronales o potencial de membrana en reposo y se produce la despolarización que conduce a la génesis de un potencial de acción, se generan espigas que no siempre son ordenadas, periódicas o previsibles; sino que existen neuronas que disparan de manera irregular o caótica. Si no existiera ese caos en la emisión de la información, la periodicidad haría que la mano temblara, oscilara, con una frecuencia fija, como ocurre en la enfermedad de Parkinson y otros trastornos del movimiento. Así pudiera pensarse que en el Parkinson las neuronas dopaminérgicas están dañadas y la ausencia de caos genera la enfermedad, de modo tal que el caos es necesario y es un principio de control fundamental en sistemas complejos como este.<sup>13</sup>

Cuando se analiza la actividad eléctrica cerebral en los registros electroencefalográficos, se ha podido observar que en condiciones normales la actividad cerebral es aperiódica o caótica y que exhibe distintos grados de caoticidad, según el estado de sueño o vigilia. Sólo es periódica en el caso de un ataque epiléptico o cuando se induce la periodicidad mediante estímulos externos.<sup>13</sup>

Se ha demostrado que el grado de caos en un paciente epiléptico cambia tanto antes como durante la crisis.

A continuación se muestran los registros obtenidos de electroencefalogramas (EEG) en el bulbo olfativo de conejos en distintos estados inducidos. (Fig. 3)<sup>13</sup>



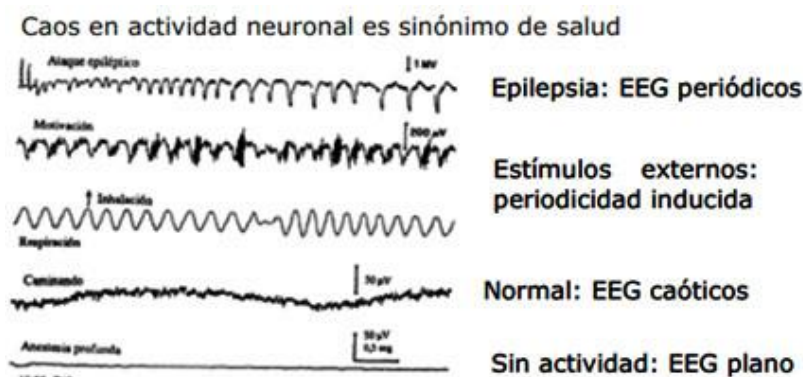


Fig.3- EEG en el bulbo olfativo del conejo en diferentes estados inducidos. <sup>(13)</sup>

Algunos investigadores han sugerido que la dinámica caótica del cerebro es una vía que este tiene para procesar globalmente la información que recoge de su entorno. La extrema sensibilidad de esta dinámica le conferiría la capacidad de discriminación de la información sensorial.

### Caos en Epidemiología

Alrededor de los años 80, se comenzó a abordar la naturaleza de las epidemias en el marco de la teoría del caos. En particular, se plantea la posibilidad de que las epidemias constituyan fenómenos "caóticos".

Los epidemiólogos han estudiado la dinámica de las epidemias en la infancia, en particular el sarampión, ya que este fue un serio problema en países desarrollados antes del advenimiento del programa de vacunación masiva y continua matando más de 1 millón de niños al año en países en desarrollo. <sup>15</sup>

En 1985, Schaffer y Kot, propusieron que la dinámica del sarampión en Nueva York y Baltimore podía ser mejor descrita por ecuaciones diferenciales caóticas y que, en particular, la reconstrucción de su retrato de fase esclarece que el caos (no el ruido) es el responsable de la fenomenología observada. <sup>16</sup>

Olsen reportó caos de baja dimensión en epidemias de sarampión, parotiditis y rubéola. Sin embargo, detectó que los brotes de varicela se ajustaban más a un ciclo anual con ruido superpuesto. <sup>17</sup>

Stone reportó la presencia de caos en una serie de sarampión en Nueva York y confirmó también una dinámica caótica de baja dimensión. <sup>18</sup> Sin embargo Bolker B, encontró variedad en la dinámica del sarampión en series poblacionales reales, con diferentes características demográficas y patrones geográficos. <sup>15</sup>

Lo interesante aquí es que mientras los registros indican, desde un punto de vista epidemiológico clásico, que las variaciones en la incidencia del sarampión son





aleatorias y al azar, la dinámica caótica permite detectar un comportamiento determinista, confinado a una región del espacio de las variables, que podría ser predecible a corto plazo (la dinámica observada está afectada por cierto ruido).

En Cuba, hace dos décadas, se desarrollan y aplican las matemáticas no lineales en la modelación de diversas señales y series cronológicas de epidemias.<sup>(19),(20),(21),(22),(23)</sup>

El enfoque de identificación no lineal, podría aportar un marco conceptual adecuado para el análisis estadístico de los sistemas dinámicos cuya ocurrencia se caracterice por la variabilidad y pobre explicación de los mecanismos causales.

### Otras aplicaciones en medicina

Se ha estudiado la dinámica de otros procesos fisiológicos y se ha demostrado que siguen un comportamiento fractal, caótico o que muestran una dinámica compleja. Dentro de estos podemos mencionar:

- La variación en el flujo de los eritrocitos en los diferentes órganos.
- El comportamiento del sistema eléctrico cardíaco.
- La circulación pulmonar.
- El sistema inmunológico.
- La leucopoyesis; que pasa a ser lineal en la leucemia.
- Las movilidades en el tracto gastrointestinal.

La Teoría del caos es un ejemplo de la evolución del pensamiento científico a partir de la evolución de la ciencia y su constante renovación hacia nuevos y más convenientes y exactos abordajes de los fenómenos de la naturaleza.

Florentino Borondo, investigador y teórico sobre el Caos y los sistemas complejos, de la universidad autónoma de Madrid, expresó: “La ciencia lleva evolucionando de la mano del hombre desde el principio de su existencia. Su consideración, importancia, metodología y leyes han ido mutando con el paso del tiempo. Sus disciplinas se ramifican, el conocimiento se extiende; y todo ello a base de aceptar y rechazar hipótesis que se tienen que dar por sentadas. Cuando aparece una teoría revolucionaria cambia la concepción de toda la comunidad científica, y con ello nuestra visión del mundo. La teoría del caos es un ejemplo de dicho cambio”<sup>7</sup>

Cornejo Álvarez cita en su libro una frase del novelista francés Marcel Proust que se adecua al contenido e intención de este artículo: “El verdadero viaje de descubrimientos no consiste en buscar nuevas tierras, sino en ver con nuevos ojos”.<sup>8</sup>





## Conclusiones

Se hace necesario profundizar en el estudio de la dinámica de los sistemas complejos y especialmente bajo el prisma de la dinámica no lineal o caótica que puede ofrecer soluciones interesantes, en especial en medicina. El pensamiento complejo es indispensable para poder abordar los sistemas en la naturaleza, el mundo biológico y la vida en general.

## Referencias

1. Torres N. Fractales y Caos. Mathematicalia Revista digital de divulgación científica. Vol 2 No. 1 Feb 2006 [Citado: 3 Nov 2022] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/344014563\\_6\\_Fractales\\_y\\_caos11](https://www.researchgate.net/publication/344014563_6_Fractales_y_caos11).
2. Cárdenas Messa GA. De la entropía social a la entropía educativa. Una reflexión en el contexto colombiano. Rev. Educación [Internet]. 3 de diciembre de 2019 [citado 8 de noviembre de 2022];44(1):612-9. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/37100>.
3. Salazar Duque O. Mirada de la Gestión moderna desde la teoría del caos y la transdisciplina. rev.univ.empresa [Internet]. 15 de mayo de 2017 [citado 8 de noviembre de 2022];19(33):137-61. Disponible en: <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/5234>.
4. Álvarez Medero Pedro. Orígenes de la prospectiva en el pensamiento económico. Política Internacional 2019[Citado 8 de nov. 2022]; 2:64-80. ISSN 1810-9330 Disponible en: <https://rpi.isri.cu/rpi/article/view/96>.
5. Arshad Shahtaj S, Arshid A, Amna E, Syed AS, Jawad A. Chaos Theory and its Application: An Essential Framework for Image Encryption. CHAOS Theory and Applications 2020 [citado 8 de noviembre de 2022]; 2 (1):17-22. Disponible en: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1091984>.
6. del Valle González JR, Cruzata-Martínez A. Conocimientos, caos y orden en el contexto de las TIC dentro de la sociedad de la información y del conocimiento. Paakat Revista de Tecnología y Sociedad. Año 8, número 15, septiembre 2018-febrero 2019; [Citado 8 de nov. 2022]; 8(15):1-11 Disponible en: <http://www.udgvirtual.udg.mx/paakat/index.php/paakat/article/view/328>.
7. Borondo F. Teoría del caos. Aplicaciones en Medicina, apuntes de Ciencias Ambientales. Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA). 2012[Citado 8 de nov. 2022]; Disponible en:



8. Cornejo Alvarez A. La teoría de caos aplicada (Capítulo 4). En: Complejidad y caos: Guía para la administración del siglo XXI. 2004 [Citado 8 de nov. 2022]; Disponible en: [https://www.academia.edu/1555490/Complejidad\\_y\\_Caos\\_Gu%C3%ADa\\_para\\_la\\_administraci%C3%B3n\\_del\\_Siglo\\_XXI](https://www.academia.edu/1555490/Complejidad_y_Caos_Gu%C3%ADa_para_la_administraci%C3%B3n_del_Siglo_XXI).
9. Godínez-Rodríguez E, Patiño Ortíz M, Balankin A, Flores Carapia R, Patiño Ortíz J, Silva García VM, Martínez Cruz MA. Encriptado de Imágenes Basado en Advanced Encryption Standard y Caos. Revista Cubana de Ingeniería [Internet]. 29 de abril de 2021 [citado 8 de noviembre de 2022];12(2):e278. Disponible en: <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/776>
10. Tapia Encalada E X, Matute Orellana CA. Experiencia de un cambio, el caos en la educación moderna. Trabajo de graduación. Universidad de Azuay. 2021[citado 8 de noviembre de 2022]; Disponible en : <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11433>
11. Rivera A. Aleatoriedad, caos y azar como parte del proceso de la obra artística visual contemporánea. Academia 2021[citado 8 de noviembre de 2022]; Disponible en: [https://www.academia.edu/44877640/Aleatoriedad\\_caos\\_y\\_azar\\_como\\_parte\\_del\\_proceso\\_de\\_la\\_obra\\_art%C3%ADstica\\_visual\\_contempor%C3%A1nea](https://www.academia.edu/44877640/Aleatoriedad_caos_y_azar_como_parte_del_proceso_de_la_obra_art%C3%ADstica_visual_contempor%C3%A1nea)
12. López Barrón, E. Generación de trayectorias caóticas en pequeños robots móviles. Tesis de Maestría. Abril de 2022. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 61 pp. Repository CICESE. Mexico [citado 8 de noviembre de 2022]; Disponible en: <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3706>
13. Torres Nestor. Caos en sistemas biológicos. Matematicalia: revista digital de divulgación matemática de la Real Sociedad Matemática Española 2005; 1 (4): 1-13. ISSN 1699-7700. <https://imarrero.webs.ull.es/sctm04/modulo2/8/ntorres.pdf>  
<https://www.doccity.com/es/teoria-del-caos-aplicaciones-en-medicina/2975090/>
14. Lewis A, Lipsitz A, Goldberger L. Loss of 'complexity' and aging: potential applications of fractals and chaos theory to senescence. JAMA, (1992).;267(13):1806-1809. doi: 10.1001/JAMA.1992.03480130122036
15. Bolker Benjamin. Chaos and complexity in measles models: A comparative numerical study. IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine & Biology 1993 [Cited Set 9 2022]; 10:83-95, Diponible en: <https://pdodds.w3.uvm.edu/files/papers/others/1993/bolker1993a.pdf>
16. Schaffer WM, Kot M. Nearly one dimensional dynamics in an epidemic. J Theor Biol 1985[Cited Set 9 2022]; 112: 2: 403-27 Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0022-5193\(85\)80294-0](https://doi.org/10.1016/s0022-5193(85)80294-0)
17. Olsen LF, Truty GL, Schaffer WM. Oscillations and chaos in epidemics: a nonlinear dynamic study of six childhood diseases in Copenhagen, Denmark. Theor Popul Biol 1988; 33(3):344-370.
18. Stone L. Coloured noise or low-dimensional chaos? Proc Biol Sci. 1992; 250(1327):77-81.



19. Hernández Cáceres J, Biscay R, Jiménez J, Valdés P, Grave de Peralta R. EEG predictability. Adequacy of nonlinear forecasting methods. Int J Biomed Comput 1995:197-206.
20. Hernandez Caceres J, Enzmann G, Garcia Dominguez L, Garcia Lanz A, Lestayo Z, Garcia P. Identificación no lineal en variabilidad de la frecuencia cardiaca y estudios de epidemias. Interrogantes por responder. Infomedica Journal 2003(2):1540-4471.
21. Hernández Cáceres JL, García Domínguez L, Sautié Castellanos M, Kindelán Cira E, Jas J y Calzadilla A. Utilidad del enfoque de identificación no lineal para el estudio de señales electrofisiológicas complejas. In book: La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina. Tomo I, Chapter: CAPÍTULO XVIII, Publisher: Comunidad Latinoamericana de Pensamiento Complejo, Editors: Leonardo G. Rodríguez Zoya. 2017.
22. Hernández Cáceres J, Monzón Pérez M, García Domínguez L, Sautié Castellanos M, Hernández Martínez L y Tejera Puente E. Pre vaccination measles outbreaks in England and Wales: Nonlinear association analysis suggest a leading role for preston. Rev Electron Biomed/Electron J Biomed 2006 [Citado 3 nov 2022] ;2:34-45. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/26466217\\_PRE\\_VACCINATION\\_MEASLES\\_OUTBREAKS\\_IN\\_ENGLAND\\_AND\\_WALES\\_NONLINEAR\\_ASSOCIATION\\_ANALYSIS\\_SUGGESTS\\_A\\_LEADING\\_ROLE\\_FOR\\_PRESTON](https://www.researchgate.net/publication/26466217_PRE_VACCINATION_MEASLES_OUTBREAKS_IN_ENGLAND_AND_WALES_NONLINEAR_ASSOCIATION_ANALYSIS_SUGGESTS_A_LEADING_ROLE_FOR_PRESTON)
23. Lestayo O'Farrill Z, Hernández-Cáceres JL, O'Farrill Mons E. Nonlinear Analysis of Guillain Barré Time Series to Elucidate Its Epidemiology. ISRN Epidemiology 2013 [Cited 3 nov 2022] ; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5402/2013/635971>

### Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

### Declaración de autoría

Dra. C. Zurina Lestayo O'Farrill: Realizó la revisión bibliográfica, redactó el original y aprobó la versión final.

Dr.C. José Luis Hernández Cáceres: Aportó bibliografía, revisó y aprobó el trabajo.

