

Reflexión desde la Entropía: un análisis de la realidad según la violencia en la sociedad¹

Juan Fernando Montoya Carvajal²

Resumen

Introducción: la teoría del caos se usa para explicación de fenómenos complejos, cuya naturaleza no responde a comportamientos lineales y que a su vez no permite determinar con exactitud medidas y cálculos, pero que a pesar de ello se han logrado avances significativos en la ciencia, pudiéndose expandir además hasta las explicaciones de fenómenos sociales, siendo en este caso la violencia. **Materiales y Métodos:** se emplearon expresiones matemáticas para validar un modelo de realidad que describa

aproximadamente índices de violencia a partir de datos reales. **Resultados:** se obtuvieron relaciones matemáticas que describen el comportamiento caótico, las cuales dependiendo de la tasa de violencia define si el valor tiende a cero, a un valor constante o un comportamiento caótico. **Conclusiones:** se obtuvo una relación matemática que describe el comportamiento entrópico de la violencia en sociedad, cuya tendencia caótica describe aproximadamente índices de violencia reales.

Palabras clave: caos, entropía social, modelo logístico, modelo entrópico.

1 Artículo Original derivado del proyecto de investigación asociado a tesis doctoral en Filosofía, realizado durante el periodo 2020 a 2025, financiado por el autor, en Unilasallista Corporación Universitaria – Colombia

2 Ph. D. en Ingeniería, Magíster en Ingeniería de Materiales, Coordinador de Investigación en la Facultad de Ingenierías y Docente de Tiempo Completo de Unilasallista Corporación Universitaria.

Autor para Correspondencia: jmontoya@unilasallista.edu.co

Recibido: 05/02/2021 Aceptado: 30/04/2022

*Los autores declaran que no tienen conflicto de interés

Reflection from Entropy and Chaos: an analysis of reality according to violence in society

Abstract

Introduction: chaos theory is used to explain complex phenomena, whose nature does not respond to linear behavior and which in turn does not allow exact measurements and calculations to be determined, but despite this, significant advances have been made in science, being able to also expand to the explanations of social phenomena, in this

case being violence. **Materials and Methods:** mathematical expressions are used to validate the reality, which describes rates of violence from real data in Colombia. **Results:** mathematical relationships describing chaotic behavior were obtained, which, depending on the rate of violence, define whether the value tends to zero, a constant value or chaotic behavior. **Conclusions:** a mathematical relationship was obtained that describes the entropic behavior of violence in society, whose chaotic trend approximately describes real violence values.

Keywords: chaos, social entropy, logistic model, entropic model.

Reflexão da Entropia e Caos: uma análise da realidade de acordo com a violência na sociedade

Resumo

Introdução: a teoria do caos é utilizada para explicar fenômenos complexos, cuja natureza não responde ao comportamento linear e que por sua vez não permite determinar medidas e cálculos exatos, mas apesar disso, avanços significativos foram feitos na ciência, expandindo para as explicações de fenômenos sociais, neste

caso a violência. **Materiais e Métodos:** foram utilizadas expressões matemáticas para validar um modelo de realidade que descreve aproximadamente as taxas de violência a partir de dados reais. **Resultados:** foram obtidas relações matemáticas que descrevem o comportamento caótico, que, dependendo da taxa de violência, definem-se o valor que tende a zero, um valor constante ou um comportamento caótico. **Conclusões:** obteve-se uma relação matemática que descreve o comportamento entrópico da violência na sociedade, cuja tendência caótica descreve de forma aproximada os índices reais de violência.

Palavras-chave: caos, entropia social, modelo logístico, modelo entrópico.

Introducción

Desde la mitología se habla de la lucha entre el orden y el caos, siendo esta dualidad la gestora de la realidad conocida. El caos es un concepto antiguo, pero que su surgimiento en la ciencia se asocia a los descubrimientos de Poncairé, tras poner en evidencia el problema de los tres cuerpos y explicar que a pesar de tener un modelo matemático no era posible encontrar exactitud en un sistema gobernado por ecuaciones deterministas (Briggs, J. y Peat, D. 1989). El caos se constituye como problemática tras el descubrimiento de Lorenz en 1960, desde la puesta en común de la alteración de condiciones iniciales para repercutir en un comportamiento ajeno a lo que se esperaba de manera exacta (Gleick, J. 1987). Siendo el caos una realidad asociada a los fenómenos físicos, se presenta como una posibilidad de explicar la realidad humana, pues siendo un tipo de estructura disipativa sumergida en una turbulencia entrópica, su naturaleza corresponde a un balance entre el caos y el orden (Prigogine, I. 1993).

Existen dos fuerzas en la realidad natural: impulsora hacia el desorden (entropía) e impulsora hacia el orden (Ósipov, A. 2003). La entropía es la fuerza que empuja hacia la dilución de la estructura ordenada, mientras que la evolución se define como una manifestación del orden, entonces se puede pensar que la realidad es una lucha permanente entre el orden y el caos, lo cual corresponde a afirmar que todo sistema estable y autónomo se considera una estructura disipativa que surge desde el desequilibrio entre las fuerzas generadoras de la realidad fenomenológica (Silvestrini, V. 1985).

La entropía es una cantidad física que trasciende al fenómeno social, siendo un parámetro fundamental para analizar las transformaciones humanas a través de la historia y en coyunturas políticas, pues a pesar

de ser una cantidad cuantitativa, su naturaleza estadística permea no sólo los fenómenos de acuerdo con su reversibilidad sino por el devenir del azar (Ben-Nahim, A. 2011).

Como variable fundamental en la explicación de un flujo turbulento permanente y estructuras de orden, el tiempo se define como una variable fundamental que permanece entre la existencia del ser y su contribución metafísica, siendo a su vez el parámetro que define los campos de atractores donde se enmarca el devenir caótico de la existencia del ser. Con el tiempo, se da paso a la explicación de la irreversibilidad tras el trabajo de Boltzman (Prigogine, I. 1988), quien desde su perspectiva estadística permitió no sólo comprender la entropía como concepto de probabilidad, sino que también se da a conocer que el determinismo es en realidad un valor promedio de una función de distribución, es decir, que lo real está constituido por componentes caóticas. Con esto, estudiar el caos como estado en equilibrio en la realidad humana, permite no sólo explicar fenómenos comunes, sino que permite explicar las consecuencias de cada efecto generado por la interacción social (Sommetband, M. 1999).

Como estructura disipativa en medio del flujo entrópico hacia el caos, el ser humano es partícipe del balance entre las fuerzas motoras, por ende, éste se constituye como una entidad exergética que sólo puede disminuir su posibilidad de acción vital, repercutiendo en su efecto social a través manifestaciones tendientes al caos (hostilidad) o al orden (hospitalidad) (Levinás, E. 2013).

La sociedad está en tránsito, se encuentra en un cambio de fase, si se considera la transformación desde una sociedad ordenada que se ha diluido y disminuido su cohesión para fluir como un líquido (Bauman, Z. 1999), entonces de acuerdo con esta tendencia se presentará un posible cambio de la liquidez hacia el caos, es decir, la fase gaseosa.

La sociedad de hoy refleja la disposición de adaptación al esfuerzo (Han, B. 2010), determinando a su vez una progresiva capacidad de ordenamiento de sistemas, lo cual corresponde a una disminución entrópica de estructuras tecnológicas, pero a su vez se ha desnaturalizado la conciencia ética y con ello la dilución de la interiorización del ser. Con esto se considera que la realidad corresponde a un flujo entrópico y turbulento, pero en la intermediación de esto se constituyen estructuras disipativas tales como el ser tecnológico y la sociedad de consumo de la actualidad, es decir, que cada ser tiene en su interior caos y para su eterno retorno requiere de su propia evolución en tránsito (Nietzsche, F. 1883).

La teoría del caos ha sido un tema relevante desde su descubrimiento, pues ha influido en diversas áreas del conocimiento, tales como economía (Salarieh, 2009), educación (Cañellas & Teoría, 2005), bioquímica (Science et al., 2021), sociología (Science et al., 2017), política (Barnett, Bella, Ghosh, Mattana, & Venturi, 2022), entre otros (Science, Phenomena, Alves, Duarte, & Mota, 2018). Como nueva ciencia (Gleick J, 1987), el caos ha permeado diversas áreas del conocimiento porque las estructuras del orden se fundamentan en una distribución estadística definida por la entropía, la cual es una propiedad que define el nivel caótico de un sistema (Lombardi & Lombardi, 1991), constituyendo a los sistemas de la realidad como una distribución con componentes de orden y caos, hasta que finalmente se llega al equilibrio (Ósipov, 2003). Esto indica que la realidad es un flujo entrópico en el que se definen estructuras ordenadas y caóticas, generando desde su dualidad (orden y caos) estructuras disipativas que se constituyen como formas con propiedades definidas desde su equilibrio (Prigogine, 1988).

La violencia como objeto de estudio, es posible partir de considerar que ésta es una manifestación caótica de una estructura disipativa tal como la sociedad humana,

asumiendo como parámetro de control la entropía, la cual es la fuerza generadora entre el orden y el caos; ya que la diferencia entre ambas fuentes genera una tendencia al balance y en su flujo permanente ciertas estructuras disipativas se constituyen de manera estable, mientras que otras nunca alcanzan su equilibrio, haciendo que su degradación sea más rápida. Siendo la sociedad una estructura disipativa constituida por el balance entre el orden y el caos, se manifiesta con componentes de su fuerza generadora y muestra de ello es la violencia, la cual a lo largo de la historia se ha definido como una realidad inherente a la humanidad durante la consolidación de la civilización y la cultura. Al no existir una ley universal determinista, la violencia se manifiesta como un comportamiento impredecible o como una acción probable, haciendo de su interpretación lógica se asocie a un efecto caótico, es decir, es posible estudiar desde la lógica matemática los efectos caóticos de la violencia como efecto o como consecuente (Delgadillo-aleman, Kucarrillo, & Chen-charpentier, 2019). Partiendo de una interpretación lógica obtenida desde una descripción hermenéutica del efecto caótico de la violencia, es posible construir un modelo filosófico que explique los efectos y causas de la degradación o tendencia al orden en un sistema abierto como la sociedad, donde su manifestación entrópica de degradación se puede considerar como la acción violenta.

La modelación matemática de la violencia no es un tema de investigación común, pero dentro de los pocos que se conocen se enfocan a la violencia de género, determinando mediante modelos estadísticos índices de violencia en zonas o regiones geográficas. Particularmente, este trabajo se enfocó en el trabajo realizado por Delgado y Ayala (Delgado, 2018), en el cual se empleó la ecuación de Shannon para describir el índice de violencia de género en Perú. En este trabajo se presenta un modelo matemático que busca describir el comportamiento violento

en una población, partiendo de la hipótesis de considerar la violencia como un efecto entrópico que desencadena una reacción caótica dependiendo de la tasa de homicidios en la región o circunstancia coyuntural. El modelo matemático que describe la violencia manifestada en índice de homicidios no es exacto, pero permite demostrar las fluctuaciones de la violencia como índice de comportamiento entrópico y caótico al interior de la sociedad humana.

Materiales y Métodos

Para estudiar la violencia como fenómeno desde un lenguaje matemático, es necesario definir una variable x que identifique la acción violenta como una proporción respecto a una población total, es decir, es una fracción dependiente del tiempo t y, cuya naturaleza se asocia a un valor que inherente a circunstancias sociales.

Como modelo matemático se partió de considerar la tasa de violencia proporcional al índice de violencia y a la población de víctimas, lo cual corresponde a una ecuación diferencial logística, que a su vez en forma de sucesión se expresa de la forma

$$x_{n+1} = r x_n (1 - x_n)$$

Donde x_{n+1} es la proporción de violencia futura, x_n la proporción actual o en el presente y r es la tasa de generación de violencia. A partir de los modelos matemáticos, se buscó validar a partir de datos disponibles de manera pública, empleando como herramienta de organización de información y simulación EXCEL®.

Resultados

Predecir la violencia es un problema de gran complejidad, pero es posible describir un comportamiento similar a fenómenos naturales o sociales, cuya tendencia se puede relacionar con una expresión estadística o una ecuación matemática. El modelo que predice la violencia no existe debido al enorme número de posibles variables, pero de acuerdo con las diferentes complejidades, existen fenómenos sociales tales que pueden ser interpretados como patrones con predicción matemática.

Con el fin de explicar modelar comportamientos violentos, se proponen matemáticamente tres posibles situaciones, las cuales se muestran a continuación

- **Incremento del índice de violencia sin límite**

Siendo x una variable que define una cantidad asociada a la violencia en una región, es decir un índice respecto a una población, entonces se podría considerar que al x aumentar, la violencia se expandirá sobre una zona geográfica o demográfica ilimitadamente. Siendo la violencia un efecto humano, tiende a expandirse si no presenta una oposición, incidiendo en un incremento frenético del evento violento, entonces matemáticamente se podría interpretar que la variable asociada a la violencia aumenta exponencialmente con el tiempo, es decir

$$x_{n+1} = r x_n$$

Esta expresión representa una sucesión en el tiempo de la variable violencia, entonces si se quisiera saber el índice de violencia en el siguiente año x_{n+1} es requerido conocer la razón de incremento de violencia o razón r y el índice de violencia en el presente x_n . Gráficamente el índice de violencia a lo largo

del tiempo bajo este modelo presentaría un esquema como se indica en la figura 1.

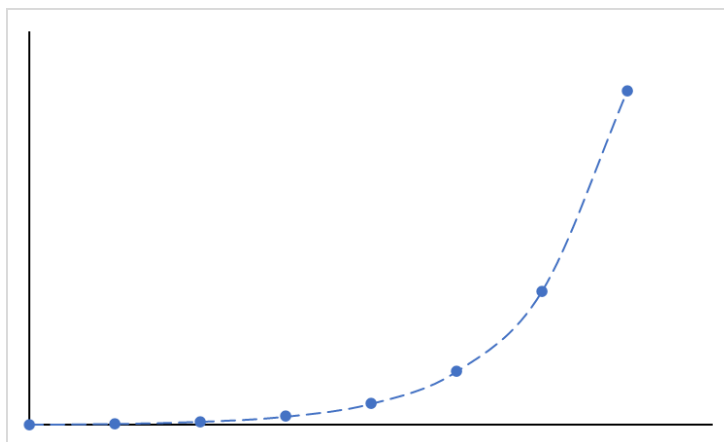


Figura 1. Gráfica de x_{n+1} vs n para modelo de crecimiento sin límite

Elaborado por el autor

A partir de la figura 1, se presentaría que el crecimiento de violencia sería exponencial con tendencia indeterminada. Realmente no crece la violencia en forma indefinida, pero se puede tener situaciones similares en intervalos temporales con un aumento significativo que se ajustaría a este comportamiento.

- **Incremento de índice de violencia con límite constante**

Considerando el índice de violencia x y P el número máximo posible que puede alcanzar

x , entonces se define la variable y como el índice de víctimas, es decir que el índice de victimización sería la diferencia entre el valor máximo posible y el factor de violencia en el tiempo, por lo tanto

$$x_{n+1} = (1 - r)x_n + r$$

En este caso el índice de violencia (valor entre 0 y 1) tiende a su valor máximo, entonces el valor de violencia máximo sería en este caso r . Graficando esta expresión se presentaría una tendencia como se muestra en la figura 2.

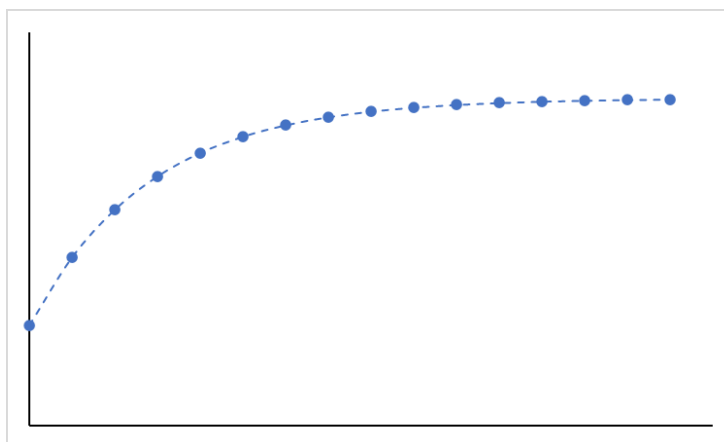


Figura 2. Gráfica de x_{n+1} vs n para modelo de crecimiento con límite

Elaborado por el autor

La figura 2 ilustra que, al aumentar el tiempo, en este modelo el índice de violencia incrementa convergiendo a un valor constante.

- **Incremento de violencia con límites variables (Modelo Logístico)**

Considerando el caso en el que el aumento del índice de violencia es directamente proporcional al producto entre el índice de violencia x y el índice de victimización y , entonces se obtendría que

$$x_{n+1} = r x_n (1 - x_n)$$

Esta relación es la conocida ecuación logística, la cual modela el incremento del índice de violencia como función del tiempo. La constante r corresponde a la tasa de crecimiento del índice de violencia, por lo tanto, a medida que se evalúan los valores sería posible predecir el comportamiento futuro a partir del valor real.

La ecuación logística describe el comportamiento de una fracción o proporción en función del tiempo, presentando un comportamiento característico dependiendo de la razón de crecimiento r . El modelamiento de poblaciones de May (Gleick, J. 1987) permitió considerar que esta relación tiene una particularidad que se vincula con la teoría del caos. El comportamiento predecible de la ecuación logística depende de los valores de r , pues dependiendo de los valores de esta variable el comportamiento pasa de lo predecible a lo aleatorio. A continuación, se presentan los casos donde varía la razón de aumento de violencia r de acuerdo con cada intervalo:

- $0 < r < 1$

Considerando el modelo logístico para valores entre 0 y 1 se obtiene un comportamiento como el que se presenta en la figura 3.

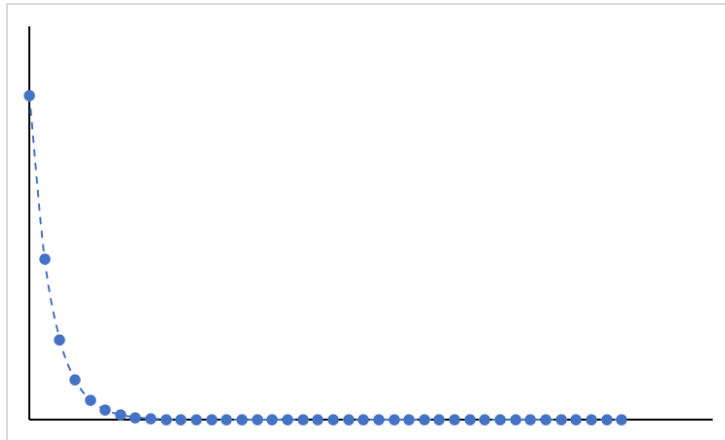


Figura 3. Gráfica de x_{n+1} vs n para modelo logístico para r entre 0 y 1.

Elaborado por el autor

Como se puede observar en la figura 3, se presenta una tendencia a cero a medida que incrementa el tiempo. Este comportamiento indica que la tasa de violencia r al ser un valor entre 0 y 1 para una proporción x_n menor que 1, se encuentra que la violencia en la sociedad tiende a desaparecer, por lo tanto, se puede concluir que: en una sociedad donde la tasa de violencia r sea un valor entre 0 y 1, entonces el índice de violencia x_{n+1} tiende a desaparecer.

Asumiendo valores asociados a la tasa de violencia para valores entre 1 y 3 se obtiene un comportamiento con tendencia hacia un valor constante, siendo este valor máximo una relación uno a uno con la tasa r , entonces se puede obtener una gráfica como la que se muestra en la figura 4

- $1 < r < 3$

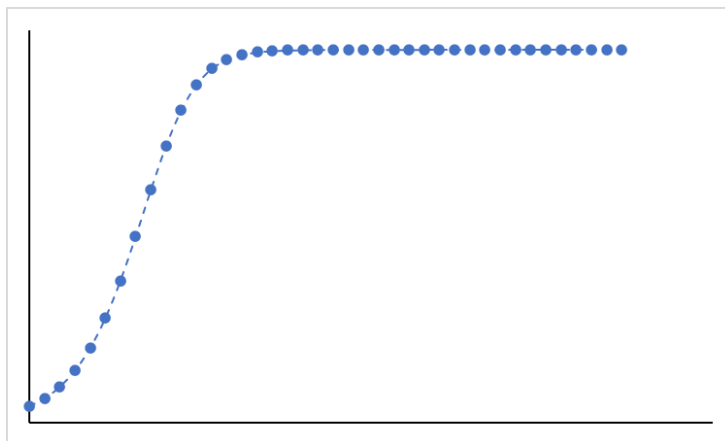


Figura 4. Gráfica de x_{n+1} vs n para modelo logístico para r entre 1 y 3.

Elaborado por el autor

De acuerdo con la figura 4, se puede interpretar que el índice de violencia a medida que incrementa el tiempo presenta un ascenso hasta finalmente alcanzar la estabilidad indicando tendencia hacia un valor constante, entonces se tiene que: en una región donde la tasa de violencia r sea entre 1 y 3, entonces el índice de violencia x_{n+1} tiende a un valor constante.

- $3 < r < 3.45$

Para una tasa de violencia con valores entre 3 y 3.45 corresponde un comportamiento diferente a los casos anteriores, presentando la oscilación entre dos valores de x_{n+1} , tal como se muestra en el ejemplo de la figura 5.

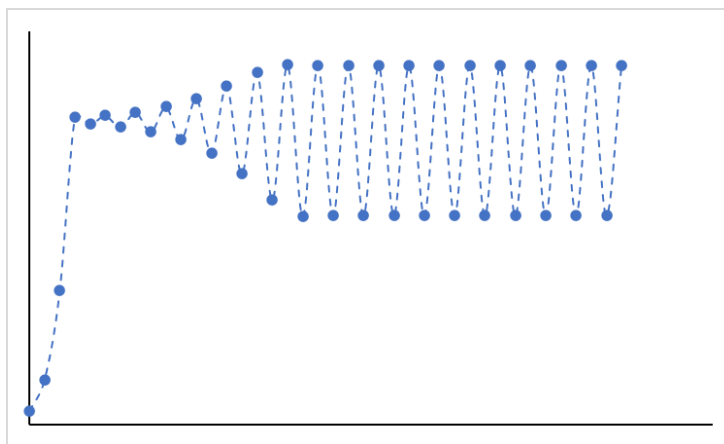


Figura 5. Gráfica de x_{n+1} vs n para modelo logístico para r entre 3 y 3.45

Elaborado por el autor

El comportamiento que se muestra en la figura 4 corresponde a la obtención de dos valores para x_{n+1} , lo cual da a entender que a medida que varía en el tiempo el índice de violencia presenta dos cantidades respecto a un valor fijo, aumentando en el tiempo t y disminuyendo a un siguiente valor para el tiempo $t + 1$. De acuerdo con este tipo de resultados, se puede concluir lo siguiente: en una región donde r tome valores entre 3 y 3.45, entonces el índice de violencia x_{n+1} presenta una bifurcación entre dos valores invariantes en el tiempo.

- $3.45 < r < 4$

Empleando modelación matemática se propone como algo posible aproximar el comportamiento de la violencia en el tiempo, empleando una variable representada como el índice x_{n+1} , el cual como sucesión se presenta como función de la variable x_n , la cual representa el índice de violencia en el tiempo. El comportamiento de la violencia empleando la ecuación logística da a entender que existen casos particulares, pero se presenta una situación anómala cuando se dan valores de r superiores a los intervalos presentados previamente, es decir aproximadamente para $r > 3.45$.

Considerando valores de r Entre 3.45 y 4 se presenta un comportamiento caótico,

en el cual existen indeterminados valores para cada valor de incremento temporal, es decir que no es posible predecir el siguiente número a medida que transcurre el tiempo. Existen estrechos intervalos entre 3.45 y 4 que permiten determinar valores, dándose ocho posibles valores x_{n+1} , denominando una región con valores predecibles. Para las regiones donde los valores no presentan un patrón de respuesta claro, corresponde al comportamiento caótico, en el cual cada valor a medida que se evalúa se obtiene un número completamente aleatorio.

La figura 6 ilustra un comportamiento asociado a una tasa de crecimiento de violencia para $r = 3.675$, el cual es uno de infinitos posibles valores y para cada uno se asocia una gama de valores indeterminados e imposible predecir. De acuerdo con este comportamiento, se puede concluir lo siguiente: en una región donde r tome valores entre 3.45 y 4, excepto donde no se presente un intervalo en el que existan valores únicos de x_{n+1} , entonces se presentará un comportamiento caótico con el transcurso del tiempo.

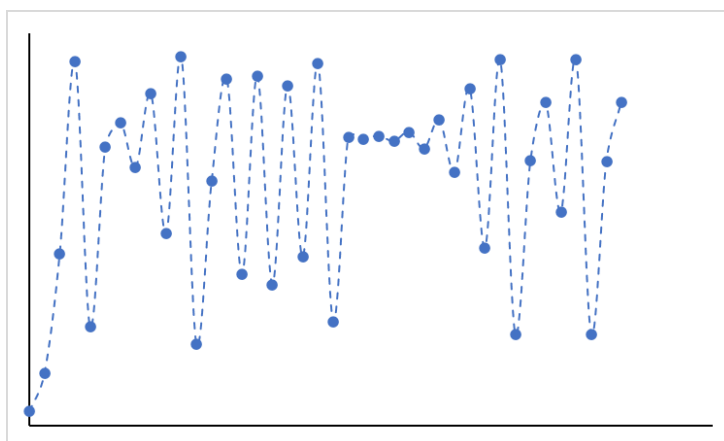


Figura 6. Gráfica de x_{n+1} vs n para modelo logístico para $r = 3.765$

Elaborado por el autor

De acuerdo con el comportamiento caótico que surge a partir de la ecuación logística, se tiene que en el caso donde se modele el comportamiento violento a partir de un índice o proporción x_{n+1} para ciertos valores el comportamiento es completamente caótico, lo cual se asociaría al comportamiento más común al interior de una sociedad, es decir, no es posible saber con exactitud cuántos homicidios ocurrirán el próximo año o en diez años, pues determinarlo implica un valor ajustado a una cantidad completamente aleatoria, la cual dependería de las

circunstancias históricas o circunstanciales en el tiempo presente. Posiblemente se puede observar con el tiempo que se presenta una tendencia cuando se analiza el número de acontecimientos violentos, pero esto debido a que el comportamiento se asocia a los casos previos, en el que los valores tendían a un número invariante, pero a medida que ocurren acontecimientos impredecibles, el índice de violencia se hace indeterminado, presentando entonces un comportamiento caótico para gran cantidad de situaciones.

Discusión

Para determinar el comportamiento violento, es necesario partir de supuestos y estas consideraciones llevan a considerar variaciones con ecuaciones diferenciales lineales, pero para circunstancias específicas la complejidad aumenta sustancialmente,

haciendo que las relaciones sean mucho más difíciles. Como se pudo observar en los resultados, bajo la consideración de un modelo logístico, finalmente los índices de violencia tienden a presentar un comportamiento caótico. En la figura 7 ilustra el diagrama de bifurcación, en el cual se puede observar las zonas de caos con claridad.

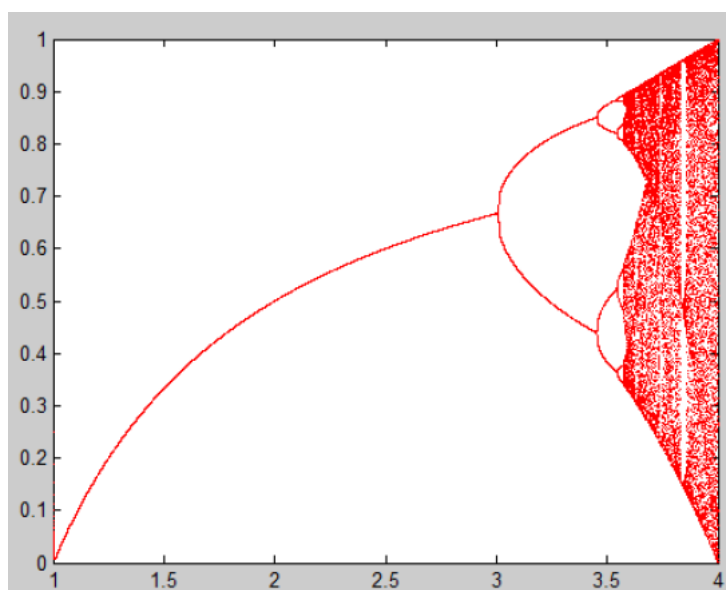


Figura 7. Diagrama de bifurcación de la ecuación logística.

Fuente: tomado de Fomperosa, 2017

A partir de la figura 7 se puede observar lo que se pudo encontrar previamente en los intervalos asociados a la tasa de violencia, presentándose valores regulares, alternantes y caóticos.

Siendo la violencia una consecuencia social, es posible pensarse a la violencia como un indicador al interior de una población, asociando el índice de violencia al concepto de entropía, cuyo valor indica la configuración de estado más probable al interior de un sistema de partículas estadísticamente indistinguibles.

La violencia y la entropía se pueden relacionar entre sí, debido a que la violencia es entropía social, por lo tanto, es posible determinar una relación entre el índice de violencia futuro x_{n+1} con la configuración social más probable, es decir, el mayor valor de entropía para el macro estado social. Con lo anterior, se propone representar la entropía S como una relación matemática con la variable x_{n+1} , entonces

$$x_{n+1} = \alpha S$$

Siendo a una constante de proporcionalidad. Tomando la entropía a partir de la teoría de Shannon, se tiene entonces que

$$S = -x_n \ln x_n$$

Siendo en este caso la probabilidad igual a la proporción poblacional índice de violencia actual x_n . Igualando ambas ecuaciones finalmente se obtiene que

$$x_{n+1} = -a x_n \ln x_n$$

Con el fin de comprender el comportamiento del índice de violencia, se plantean valores estimados en los que se puede analizar la variación de la tasa de crecimiento a . Graficando el valor máximo obtenido para x_{n+1} respecto a a se obtiene la figura 8, la cual corresponde al diagrama de bifurcación del caos.

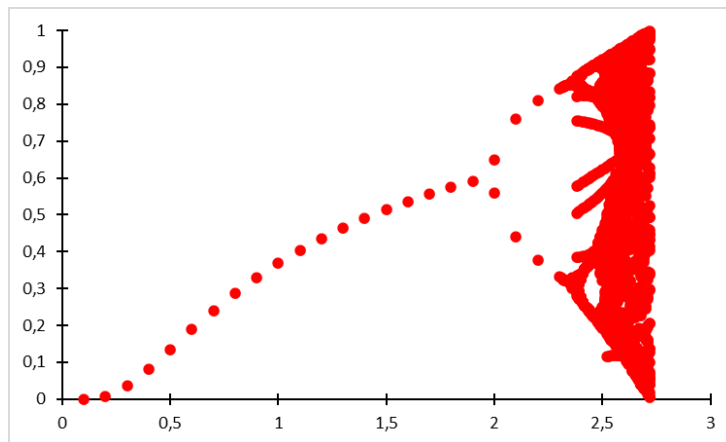


Figura 8. Diagrama de Bifurcación para modelo de Entropía

Elaborado por el autor

La figura 8 ilustra nuevamente la gráfica de bifurcación similar al modelo logístico, lo cual significa que el modelo de entropía se ajusta de la misma forma, presentando diferencia en los intervalos de valores para la variable a .

De acuerdo con el diagrama que representa la ecuación de entropía, es necesario comprender el comportamiento del modelo a partir de los valores de la tasa a . A continuación, se evalúa la variable x_{n+1} en función de valores para a

- $0 < a < 2$

Con el fin de determinar el comportamiento del índice x_{n+1} se evalúan valores para $a = 0,5$, $a = 1,0$ y $a = 1.5$, cuyo comportamiento se aprecia en la figura 9.

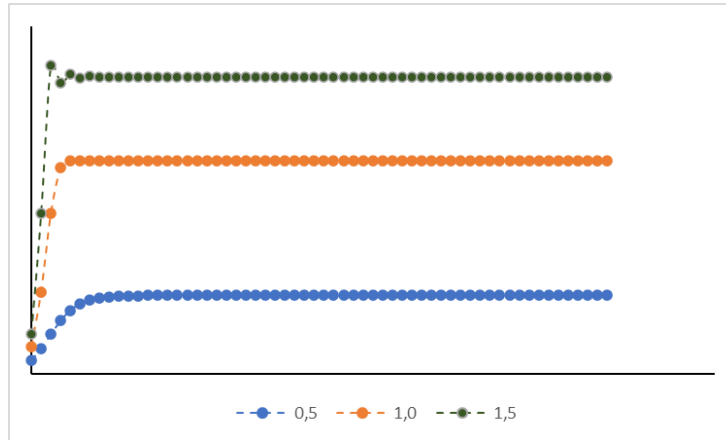


Figura 9. Gráfica de x_{n+1} vs n para modelo entrópico para $0 < a < 2$

Elaborado por el autor

De acuerdo con la figura 9, se puede observar una tendencia hacia un valor constante para x_{n+1} , implicando que el índice de violencia tiende a un valor fijo a medida que transcurre el tiempo. Se tiene una particularidad en este comportamiento y se asocia a que a medida

que se acerca al valor $a = 2$ se presenta una estabilización en torno a un valor constante, representando gráficamente una oscilación respecto al valor x_{n+1} definitivo, lo cual se puede apreciar en la figura 10 para $a = 1.9$.

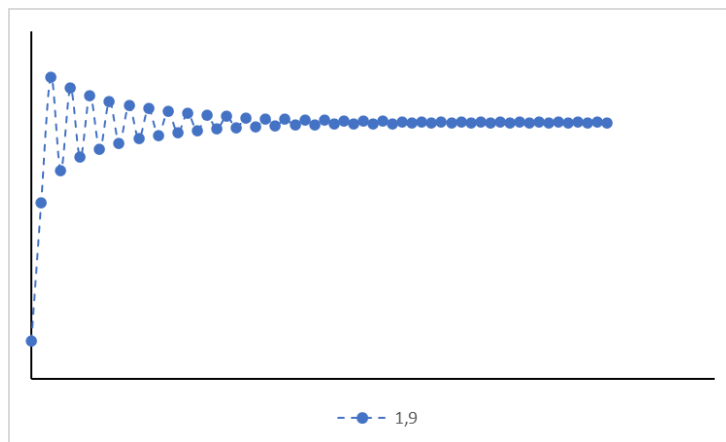


Figura 10. Gráfica de x_{n+1} vs n de modelo entrópico para $a = 1.9$

Elaborado por el autor

- $2 < a < 2.36$

El diagrama que se visualiza en la figura 11 da a entender que el comportamiento de la entropía empleada como factor de medición del índice de violencia, presenta un

comportamiento de bifurcación, siendo esto posible de acuerdo con los valores que tome a . Con el fin de ilustrar la respuesta, en la figura 11 se ilustra la gráfica de x_{n+1} para $a = 2.3$, en la cual se observa claramente una bifurcación al presentarse la dualidad de los valores.

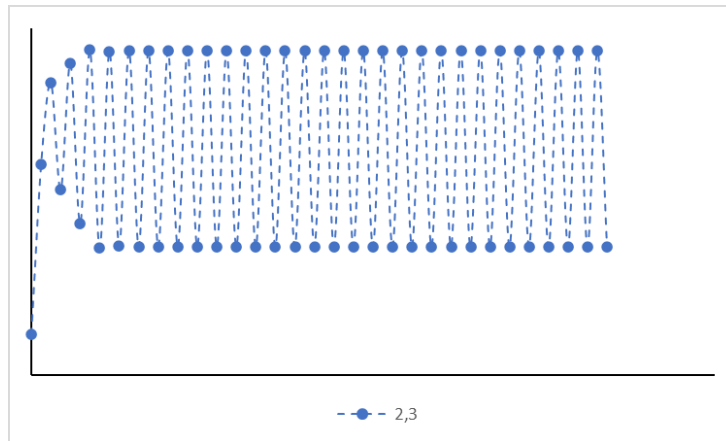


Figura 11. Gráfica de x_{n+1} vs n de modelo entrópico para $a = 2.3$

Elaborado por el autor

- $a > 2.36$

De acuerdo con el diagrama de bifurcación, se puede apreciar para el modelo de entropía que para valores superiores a $a = 2.36$ (aproximadamente) presentan comportamiento caótico, pero se alcanza a

identificar un estrecho intervalo donde se presentan valores determinados, pero en general se aprecia un amplio rango de conjunto de valores aleatorios que denotan el caos. Como ejemplo del pequeño intervalo de valores se presenta la figura 12 para $a = 2.5$.

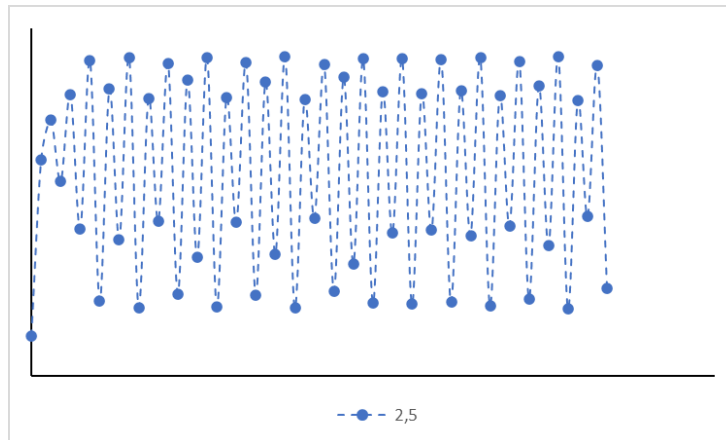


Figura 12. Gráfica de x_{n+1} vs n de modelo entrópico para $a = 2.5$

Elaborado por el autor

De acuerdo con la figura 12, se puede identificar un patrón, representando cuatro valores de x_{n+1} , lo cual corresponde a un intervalo de valores predecibles en medio del

caos. Para valores entre 2.5 y 2.7 para a se presenta un comportamiento caótico, ejemplo de ello se presenta en la figura 13.

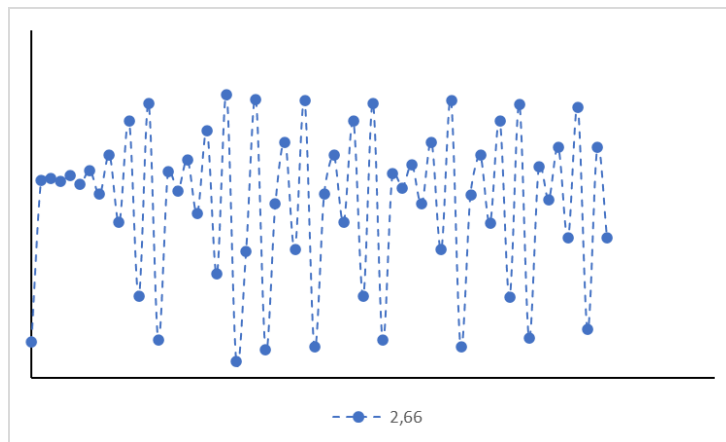


Figura 13. Gráfica de x_{n+1} vs n de modelo entrópico para $a = 2.66$

Elaborado por el autor

De acuerdo con el modelo de entropía, se puede concluir que el índice de violencia como variable de predicción, presentando comportamiento estable con tendencia a un único valor para $0 < a < 2$, respuesta

divalente para el intervalo $2 < a < 2.36$, respuesta tetravalente para valores aproximados a $a \approx 2.5$ y comportamiento caótico para $2.5 < a < 2.7$.

Si el modelo es válido y se puede considerar como un método para descifrar la entropía de un proceso social canalizado a la violencia, entonces es posible considerar que a medida que la tasa α establece el tipo de comportamiento, presentándose que, al presentarse un incremento significativo, la tendencia tiende al caos, pero si la tasa de violencia disminuye el índice de violencia disminuye. El incremento en la violencia implica un aumento en la entropía social, por lo tanto, el incremento en la tasa de violencia tiende hacia un comportamiento caótico.

$$\ln x = (x - 1) - \frac{1}{2}(x - 1)^2 + \frac{1}{3}(x - 1)^3 - \frac{1}{4}(x - 1)^4 + \dots \approx x - 1$$

Entonces se obtendría de acuerdo con esto que

$$x_{n+1} \approx -\alpha x_n(x_n - 1)$$

Lo cual claramente se representa finalmente como el modelo logístico, es decir que

$$x_{n+1} \approx \alpha x_n(1 - x_n)$$

De acuerdo con esta ecuación el modelo de entropía se hace igual al modelo logístico para valores x_n próximos a la unidad.

El análisis del comportamiento humano no es algo que se puede determinar en una ecuación matemática, siendo imposible obtener un modelo que prediga el número de actos violentos o con exactitud el número de delitos en un año específico, pero existe una relación estrecha entre el comportamiento generativo de la violencia con una cantidad que no se conserva y cuyo valor se genera en la sociedad humana. La entropía no sólo es una cantidad física, es una herramienta filosófica que permite hacer conciencia

Los modelos de violencia logístico y entrópico presentan similitud en su comportamiento, entonces es posible considerar que ambos modelos presentan describirían el mismo fenómeno, presentando comportamiento desde la estabilidad hacia el caos dependiendo de la tasa de crecimiento. Partiendo del modelo de entropía, se pretende llegar a una expresión matemática que relacione ambos modelos con el comportamiento logístico.

Considerando en el modelo entrópico la aproximación x_n tendiendo a 1, se podría aproximar por series de Taylor que

crítica del comportamiento social y todos los procesos que involucran transformaciones con tendencia al equilibrio.

Todo lo que asocia al comportamiento humano corresponde a una tendencia natural, obedeciendo a hechos fenomenológicos que sólo a través de la correlación epistemológica y gnoseológica es posible concluir la realidad desde la máxima probabilidad de configuración social.

Estudiando los modelos de entropía y logístico, es posible suponer que el índice de violencia se asocia con el incremento de entropía, es decir el estado de configuración de microestados sociales más probable, por lo tanto: la violencia en una sociedad es una realidad altamente probable, pues siendo ésta un sistema aislado, la entropía tiende a aumentar.

Con el fin de dar validez al modelo, se compararon datos de actos violentos en una población como función del tiempo respecto a los valores obtenidos a partir del modelo. En la figura 14 se puede apreciar la comparación gráfica entre datos reales de homicidio en

Colombia y el modelo propuesto de violencia
(Datosmacro, 2021).

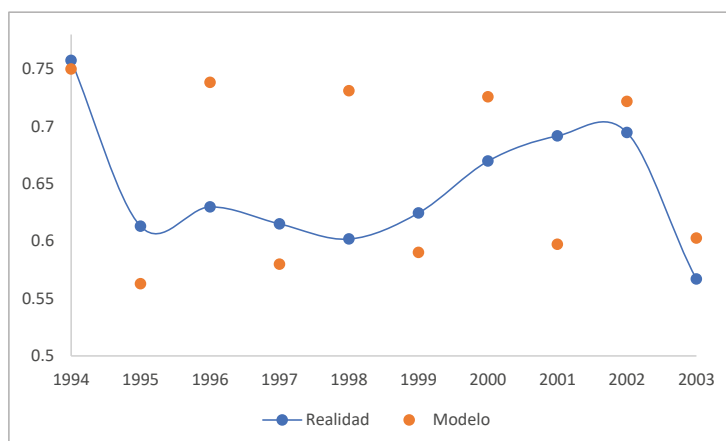


Figura 14. Comparación entre valores reales y calculados por el modelo para el caso de actos violentos en una población humana.

Elaborado por el autor

A partir de la figura 14 se puede resaltar la dificultad de llegar a un ajuste perfecto, pero la intención no es tanto cumplir con una relación determinista, sino dilucidar la realidad desde una perspectiva abstracta, pensando una forma de actos sociales, buscando nuevas formas a pesar de la dificultad de los esquemas para adentrarse en la naturaleza del hecho violento con el fin de trascender la postura de la víctima o el victimario, para finalmente pensar la violencia como un fenómeno que surge desde la naturaleza humana.

Conclusiones

Se considera factible la cuantificación de un índice de violencia que permita comprender su crecimiento en una población de individuos, partiendo de descripciones matemáticas que al final orientan una forma filosófica de interpretar el resultado cuantitativo. Deconstruyendo la realidad de la violencia, se

emplea como objeto la entropía para analizar con detalle el signo violento para finalmente obtener una interpretación de la alteridad que degrada la sociedad humana.

De acuerdo con el estudio realizado, se puede concluir que el modelo de violencia estudiado desde el concepto de entropía tiende a presentar un comportamiento caótico cuando ocurre un incremento significativo en la tasa de violencia, por lo tanto, de acuerdo con esto es posible disminuir el número de actos violentos si se disminuye la tasa que los constituye, permitiendo que el índice de violencia decrece hasta finalmente desvanecerse tal como lo propone el modelo logístico.

Se asume que la violencia es un efecto de entropía social, estableciendo la tendencia natural hacia la estabilidad en una sociedad, cuya configuración es más probable, tendiendo a maximizar la entropía en el sistema. El incremento de microestados aumenta la entropía, siendo factible que un aumento

en la intensidad del acto violento induce un efecto que abarcaría una transformación en la sociedad, llevando al sistema a un incremento significativo en la entropía e induciendo la estabilidad de la sociedad.

El modelo logístico converge con el modelo de entropía dependiendo de los valores de la fracción, lo cual da a entender que ambas ecuaciones presentan comportamiento similar al momento de incrementar la tasa de violencia, presentando una tendencia caótica para ambos casos, lo cual implica que el aumento desenfrenado de la violencia induce al caos de la sociedad.

Validando el modelo de violencia desde el concepto de entropía, se obtienen valores estimados comparables a hechos reales, es decir que el modelo de violencia sólo es una propuesta que abre la posibilidad del diálogo entre la realidad y el fenómeno, adquiriendo la noción subjetiva a través de la interpretación fisicomatemática bajo un contexto filosófico. El número de hechos violentos se ajustan parcialmente dependiendo de los intervalos de valoración, siendo claro que no es posible un ajuste exacto, pero se aprueba el resultado por el orden aproximado de los diferentes intervalos de valores.

Referencias

- Barnett, W. A., Bella, G., Ghosh, T., Mattana, P., & Venturi, B. (2022). Is policy causing chaos in the United Kingdom ? ☆. *Economic Modelling*, 108(September 2021), 105767. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2022.105767>
- Bauman, Z. (1999). *Modernidad Líquida*. Fondo de cultura económica.
- Ben-Nahim, A. (2011). *La entropía desvelada*. Tusquets Editores S. A.
- Briggs, J. y Peat, D. (1989). *Espejo y reflejo*. Gedisa editorial.
- Cañellas, A. J. C., & Teoría, D. E. L. A. (2005). *Teoría del caos y práctica educativa*.
- Carlos, J., Guillermo, L., Aguirre-garcía, J. C., Jaramillo-echeverri, L. G., Jaramillo-echeverri, J. C., & Guillermo, L. (2012). FENOMENOLÓGICO A LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA *.
- Delgado, A. Ayala, B. (2018) Computational model based on Shannon entropy to analyze violence against women: A case study in Peru. *International Journal of Engineering Research and Technology*. Volume 11, number 11, pp. 1699 – 1712.
- Gleick, J. (1987). *Caos: la creación de una ciencia*. Crítica editorial.
- Han, B. (2010). *La sociedad del cansancio*. Erder editorial.
- Hobbes, Thomas. (2018). *Leviatán*. Ediciones Artemisa, Santafé de Bogotá.
- Elias, Norbert. (1989). *Teoría del Símbolo*. Ediciones Península, Barcelona.
- Elizondo Vega, Marcos. (2020). *Comunidad Humana y Humanismo. Cuestiones de Filosofía*. Vol 6 – 27, pp 55 – 74.
- Expansión Datosmacro. (2021) Homicidios Intencionados. Recuperado de <https://datosmacro.expansion.com/demografia/homicidios/>

- Fomperosa Briz, María Fátima. (2017). Caos en Sistemas Dinámicas Discretos. Trabajo de Grado, Universidad de Cantabria, Facultad de Ciencias.
- Levinás, E. (2013). Totalidad e infinito. Sígueme editorial.
- Lombardi, O., & Lombardi, O. (1991). La teoría del caos y sus problemas epistemológicos, (1892), 91-109.
- Maturana, Humberto. (1995). La realidad: ¿Objetiva o Construida? Editorial Antrophos, Barcelona.
- Nietzsche, F. (1883). Así habló Zaratustra. Panamericana editorial.
- Ósipov, A. (2003). Caos y autoorganización. Rústica editorial.
- Potter, Jonathan. (2006). La Representación de la Realidad. Ediciones Paidós, Barcelona.
- Prigogine, I. (1988). El nacimiento del tiempo. Tusquets Editores S. A.
- Prigogine, I. (1993). Las leyes del caos. Tusquets Editores S. A.
- Salarieh, H. (2009). Chaos control in an economic model via minimum entropy strategy. *Chaos, Solitons and Fractals*, 40(2), 839-847. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2007.08.045>
- Science, N., Phenomena, C., Alves, P. R. L., Duarte, L. G. S., & Mota, L. A. C. P. (2018). Chaos, Solitons and Fractals Detecting chaos and predicting in Dow Jones Index. *Chaos, Solitons and Fractals: The Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena*, 110, 232-238.
- Science, N., Phenomena, C., Debbouche, N., Almatroud, A. O., Ouannas, A., & Batiha, I. M. (2021). Chaos, Solitons and Fractals Chaos and coexisting attractors in glucose-insulin regulatory system with incommensurate fractional-order derivatives ☆. *Chaos, Solitons and Fractals: The Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena*, 143, 110575. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110575>
- Science, N., Phenomena, C., Mukherjee, S., Ray, R., Samanta, R., & Khondekar, M. H. (2017). Chaos, Solitons and Fractals Nonlinearity and chaos in wireless network traffic. *Chaos, Solitons and Fractals: The Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena*, 96, 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2017.01.005>
- Silvestrini, V. (1985). ¿Qué es la entropía?. Riuniti editorial.
- Sometband, M. (1999). Entre el orden y el caos: la complejidad. Fondo de cultura económica.