



## EFECTO DEL RUIDO EN LA DINÁMICA DEL MAPA LOGÍSTICO

Gabriel Arroyo Correa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. garroyo@umich.mx

El mapa logístico es un modelo discreto ampliamente conocido y estudiado en la literatura<sup>1</sup>. Este modelo exhibe un mecanismo de doblamiento de periodos que eventualmente lleva hacia el caos, como fue descrito en el trabajo clásico de Robert May<sup>2</sup>. Entre los métodos tradicionales de análisis de este tipo de sistemas dinámicos, se pueden mencionar el cálculo de los exponentes de Liapunov, los espectros de Fourier y los diagramas de bifurcación<sup>1</sup>, por mencionar sólo algunos. En este trabajo se analiza la dinámica del mapa logístico cuando es sujeto a ruido aleatorio, usando un enfoque entrópico y el método de descomposición empírica de modos (EMD, por sus siglas en inglés). El enfoque entrópico está basado en el concepto de la entropía de Shannon introducida por Shannon en sus estudios de la teoría de la comunicación<sup>3</sup>. El método EMD, introducido por Huang y otros<sup>4</sup>, es una técnica alternativa para analizar señales temporales altamente irregulares en términos de una superposición de funciones de media cero, llamadas funciones de modo implícito (IMF, por sus siglas en inglés). La metodología seguida en este trabajo consiste en resolver numéricamente la dinámica del mapa sujeto a un ruido aleatorio, tanto en la región de desdoblamiento de periodos como en la zona caótica. Para cada señal de evolución del mapa se obtienen los mapas de retorno, sobre los cuáles se calculan sus entropías de Shannon y sus descomposiciones EMD. Los resultados numéricos de este trabajo presentan las variaciones entrópicas y diferencias de las señales IMF en función del parámetro de control y de la amplitud del ruido aleatorio. Los resultados obtenidos permiten concluir lo siguiente. Primero, el cálculo entrópico muestra, como es de esperarse, que el efecto del ruido en el mecanismo de doblamiento de periodo es aumentar la entropía del mapa; en particular, se observa como una pequeña adición de ruido evita la extinción de la población que se esperaría en ausencia de ruido. Segundo, la descomposición EMD exhibe señales IMF a tiempos de escala diferentes en función de la amplitud del ruido; en particular, en la región donde se esperaría la extinción de la población, aparecen señales IMF de periodo cortos que explican la no extinción poblacional, en tanto que en la zona caótica aparecen IMF de periodos largos bien definidas como antesala a la inestabilidad total del mapa. 1. S. H. Strogatz, "One-Dimensional Maps", in *Nonlinear Dynamics and Chaos* (Perseus Books Publishing, LLC, 2000), Chapter 10, pp. 348-397. 2. R. M. May, "Nature", Vol. 261, 1976, p. 459. 3. C. E. Shannon, *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27, 1948, pp. 379-423, 623-656. 4. N. E. Huang, et al., *Proc. R. Soc. A*, Vol. 454, 1998, pp. 903-995. Agradecimiento: CIC-UMSNH, Programa de Investigación 2023.