

*Editorial*

*Economía caótica:  
¿hacia un nuevo paradigma?*

Julián Ibarra Onofre  
*página 1*

*Migración internacional en la  
economía mundial: una revisión*

Erick Hernán Cárdenas Rodríguez  
*página 7*

*El ciclo político y  
su influencia en las finanzas*

Cesáreo Gámez  
*página 11*

*Índice de precios al consumidor  
correspondiente a septiembre y  
octubre de 2003*  
*página 16*

# Entorno Económico

# **E**conomía caótica ¿hacia un nuevo paradigma?

**Julián Ibarra Onofre \***

Economista  
Facultad de Economía, UANL

*El objetivo del presente artículo es exponer a la poca conocida Teoría del Caos como herramienta útil del análisis económico en fenómenos que envuelvan procesos dinámicos.*

*Se presenta brevemente su desarrollo histórico dentro de la Matemática y la Física, haciendo énfasis en la Ciencia Económica.*

*Además, se plantea la posibilidad de que dicha teoría pueda ser, no sólo una herramienta más, sino un marco conceptual por sí mismo en el cual se puedan desarrollar leyes y teorías propias.*

Proveer una definición sobre el caos, dejando a un lado la concepción tradicional de desorden sin más, no es tarea fácil. Afortunadamente, en la Conferencia Internacional celebrada por la Royal Society en Londres en 1986, el caos fue definido como una *conducta aparentemente estocástica que ocurre en un sistema dinámico* (Stewart, 1997). Las dinámicas caóticas complejas son generadas por no linealidades que están presentes en modelos o datos actuales. La palabra clave es “aparente”.

Pero no debemos confundir el concepto “caos” con el cuerpo que sostiene la teoría del caos. Aunque de principio revolucionario, el concepto de caos aún no es muy bien visto por los hombres de ciencia, quienes se refieren a su teoría como “el estudio de fenómenos caóticos” o la “investigación de dinámicas caóticas”. Esto es así porque, de hecho, ni el “caos” es un tumulto incomprensible, ni su “teoría” puede ser considerada como tal, en el sentido usual del término. No existe aún una teoría simple, poderosa y comprensible de los fenómenos caóticos, sino más bien un cuerpo de modelos teóricos, herramientas matemáticas y técnicas experimentales. Es por eso que, mientras no exista una definición estándar de la teoría del caos, nos referiremos a sus características matemáticas -su estatus como una aplicación de la teoría de sistemas dinámicos y su característica científica crucial- el enfoque en conductas aperiódicas, lo cual los hace intrínsecamente impredecibles, apelando así al indeterminismo. Kellert (1993), tomando en cuenta lo anterior, sugiere la siguiente definición sobre la teoría del caos: “la teoría del caos es el estudio cualitativo de conducta aperiódica inestable en sistemas dinámicos no-lineales determinísticos”.

## **El caos en la historia**

La teoría del caos como proyecto de investigación científica no tiene más de treinta años, y el interés en dinámicas no-lineales continúa creciendo. Esto se debe a que los dos aspectos centrales en la teoría del caos son el estudio matemático de sistemas dinámicos abstractos y la aplicación de estos modelos dinámicos a la conducta compleja en sistemas experimentales actuales. Pero la mayor parte de estos estudios tardaron mucho en ser publicados, y la mayoría de las herramientas matemáticas no

\* Egresado de la Facultad de Economía, UANL en 2002. Este artículo es parte de la tesis de licenciatura del autor: “Dinámica Caótica y Tipos de Cambio. Un Estudio para México.”

han sido utilizadas, minimizando la importancia del comportamiento caótico hasta casi ser ignorado. No es sino con el desarrollo de las computadoras, y el trabajo pionero de Edward Lorenz en los setenta, que la teoría del caos comienza a tener relevancia.

Históricamente, es a Henri Poincaré (1895) quien le corresponde el título de padre de las matemáticas de la teoría del caos. Su enfoque geométrico del estudio de sistemas dinámicos provee el estándar de la investigación actual en la conducta no-lineal. Poincaré fundó las enmarañadas trayectorias homoclínicas que conllevan a la dependencia sensible de las condiciones iniciales en los sistemas conservativos. Sin embargo, todos los físicos ignoraron sus resultados por más de quince años, pero sus estudios llegaron al campo de la matemática y es aquí, con George David Birkhoff, que se continúa el estudio de la inestabilidad en el contexto de la mecánica celeste. Durante el proceso, fue Birkhoff quien desarrolló el primer ejemplo de un atractor extraño en 1916, aunque fue en 1932 cuando se publicó su trabajo, apareciendo bajo el nombre de “curva remarcable”. A pesar de estos avances, la relevancia de esta investigación en el campo de la física quedó inexplorada.

Comenzando con las investigaciones pioneras de Lyapunov (1893) sobre la estabilidad, muchos de los trabajos más importantes en la mecánica no-lineal fueron llevados en la Unión Soviética. Finalmente, es en 1970 que un meteorologista del MIT, Edward Lorenz, descubre un sistema dinámico caótico usando integraciones numéricas. En 1974, Mitchell J. Feigenbaum, muestra que el caos puede ser útil como herramienta para modelar sistemas complejos. De esa fecha en adelante, han sido numerosos los avances que se han hecho en este campo.

## **Caos y economía**

Actualmente existe un amplio y pujante movimiento interdisciplinario, conocido comúnmente como el “Estudio de la

Complejidad”, que busca paralelismos (por ejemplo, similitudes entre una crisis económica y un huracán) entre fenómenos aparentemente dispares, con el fin de descubrir principios comunes susceptibles de poder aplicarse a una amplia variedad de campos científicos, incluyendo a la economía.

Pero antes de seguir adelante es conveniente definir que es un sistema complejo. Un sistema es complejo cuando se manifiestan en él interacciones mutuas entre niveles diferentes. Esta concepción supone admitir la existencia simultánea de una heterogeneidad estructural y de una reciprocidad funcional. Además el campo de la complejidad, y el conjunto de teorías que engloba, se basa en la apreciación de que los sistemas de feedback tienen propiedades sorprendentes; y si hay algo que los economistas dominan mucho mejor que los legos en la materia, es la tremenda complejidad del sistema económico y la importancia de dichos feedback. Es así como la complejidad puede ayudarnos a comprender cómo grandes conjuntos en interacción –integrados ya sea por moléculas de agua o consumidores– manifiestan comportamientos colectivos muy distintos de los que cabría haber esperado de la simple agregación de los comportamientos de los entes individuales.

Un ejemplo lo tenemos en la idea de “la mano invisible” de Adam Smith, cuando escribe que el mercado conduce a los que en él participan hacia un resultado que nadie perseguía, ¿de que más nos habla, sino de un orden a partir del desorden, del caos? Con lo anterior puede decirse entonces que, en este sentido, la economía es un sistema caótico. En economía tenemos dos tipos de áreas de complejidad: la autoorganización espacial, estudiada por Paul Krugman; y el caos en series de tiempo, el cual comprende al ciclo económico, a los impulsos de expansión y contracción que rodean cualquier tendencia relativamente estable de largo alcance.

En este capítulo prometedor de la Ciencia Económica moderna puede estudiarse en profundidad áreas tan relevantes como las que se

ocupan del ciclo económico, el crecimiento, la inflación y el paro, el mercado de capitales o el cambiario. Pero se debe dejar sentado que el caos en sí no tiene por qué ser necesariamente algo bueno, ni siquiera presuntamente. Económicamente hablando, no es algo que lleve implícitamente ningún juicio de valor. El caos es algo que se da y que debemos tratar de entender, pero no es necesariamente algo deseable.

### **Del caos teórico al caos empírico**

Un repaso, por breve que sea, de la evolución del pensamiento económico nos permitiría identificar o comprobar con facilidad la existencia de la complejidad en el análisis económico, a la vez que nos ilustraría sobre las posiciones adoptadas en torno al tema básico que nos ocupará en la última parte de este artículo, es decir, sobre la polémica determinismo-indeterminismo en el ámbito de la Ciencia Económica; pero sobre todo, si el caos debe considerarse como un tema especial o como una curiosidad más. Desafortunadamente, dada la naturaleza del artículo, y lo extenso de la tarea, no podremos hacerlo. Sin embargo, el cuadro 1 pretende mostrar las escuelas económicas de pensamiento más importantes, a consideración propia.

A pesar del tiempo y el interés relativamente escasos que se han dedicado a la materia, ya puede hablarse de un conjunto relevante de temas económicos que se han estudiado desde el punto de vista de la irregularidad, la complejidad y el caos. Este nuevo enfoque aborda el estudio de la economía del no-equilibrio y de la no-linealidad, el análisis de los sistemas jerárquicos y la complejidad, así como los modelos de auto-organización en el tiempo y en el espacio, en los que la aleatoriedad y el caos parecen evolucionar de una manera espontánea hacia un orden insospechado. En este nuevo enfoque, que indudablemente tiene sus antecedentes, se tiene en cuenta que los fenómenos económicos se encuentran habitualmente lejos del equilibrio, y muestran un comportamiento no-lineal, debido de manera muy especial a causas de naturaleza endógena.<sup>1</sup>

### **Determinismo, indeterminismo y caos en la ciencia económica**

La economía es una ciencia finalista, que parte del conocimiento de una realidad preexistente que resulta insatisfactoria, así como de la voluntad de modificar dicha realidad. Su carácter de “ciencia-problema” es evidente y de ahí también su naturaleza eminentemente teleológica.

En la Ciencia Económica ha prevalecido un determinismo mecanicista o reduccionista, asumiendo que el equilibrio constituye el estado normal y no la excepción. La situación se radicaliza a partir de los años ochenta de la mano de la Nueva Macroeconomía Clásica y de la Teoría del Ciclo Real, en las que la introducción del “agente representativo”, con todas sus “virtudes” nos aleja aún más de la realidad compleja. Y no cabe argumentar que se admite la incertidumbre y que se construyen modelos de optimización intertemporal en tiempo continuo bajo condiciones estocásticas, porque ello no afecta de forma relevante a la concepción determinista del fenómeno económico y de la estructura y relaciones que lo definen y fundamentan. Dicho de otro modo, no es suficiente añadir a la conducta de Robinson Crusoe la posibilidad, por ejemplo, de que la evolución de la productividad sea considerada como una variable aleatoria con determinadas características.

Entonces ¿por qué una ciencia como la Física, que es tan rigurosa, asume la indeterminación y en cambio la Economía no lo hace? La explicación, quizás, se deba a un problema de escalas, como lo explicaremos a continuación. En los niveles “meso” y “macro” la Economía, como sistema finito, puede presentar “aparentemente” un comportamiento determinista debido a la posibilidad de realizar predicciones, pero sería un craso error identificar una cosa con otra pues, como hemos mencionado anteriormente, podemos encontrarnos con comportamientos irregulares e impredecibles que en el fondo esconden leyes deterministas.

**CUADRO 1. EVOLUCIÓN DE LAS PRINCIPALES ESCUELAS DE PENSAMIENTO ECONÓMICO (1500-1997)**

<i>Mercantilismo</i>	1500	Petty (1675)	Diversas corrientes Escasa sistematización
<i>Fisiocracia</i>	1750	Quesnay (1758)	Algunos principios
<i>Clásica</i>		Smith (1776) Ricardo (1817)	Enfoque global Armonía limitada y parcial del orden natural
<i>Neoclásica</i>	1870	Malthus (1820)	Determinismo mecanicista
		Menger (1875) Walras (1874) Pareto (1906)	Teoría General como puente entre micro-macro Análisis estático
<i>Keynesianismo Síntesis N-K</i> <i>Post-keynesianismo</i>	1930	Marshall (1890)	Incertidumbre Sicologismo Desequilibrio Macroeconomía Estática comparativa
		Keynes (1936) Hicks-Hansen (1938-1953) Sraffa (1960) Kalecki (1938-1954) J. Robinson (1962) Pasinetti (1974)	Equilibrio Automatismo Desarrollo TEG Teoremas puntos fijos agotamiento progresivo
<i>Monetarismo Equilibrio General</i>	1974	Friedman (1953) Phelps (1967) Arrow (1954) (1971) Debreu (1959) Hahn (1971)	Equilibrio no-walrasiano (síntesis)
<i>Teoría de los Desequilibrios</i>		Malinvand (1977, 1980) Benassy (1984)	Determinismo reduccionista Agente representativo
<i>Nueva Macroeconomía Clásica y Teoría del Ciclo Real</i>		Lucas, Barro (1981-1986) MacCallum (1986) Kydland-Prescott (1986)	Fundamentación micro fallos del mercado
<i>Nueva Economía Keynesiana</i>		Blanchard (1989) Mankiw (1991)	Nuevos desarrollos
<i>Juegos Dinámicos</i>		Kreps (1990) Gibbons (1992)	No-equilibrio y no-linealidad Endogeneidad Sistemas jerárquicos y complejidad Auto-organización
<i>Dinámica Caótica y Campos Afines</i> <sup>2</sup>		1997	Goodwin (1990) Arrow (1988) Grandmont (1985) Romer, P. (1986, 1990) Lorenz (H.W.) (1989) Day (1994) Simon (1996) Krugman (1996)

**Fuente:** Ekelund *et al*, 1998; Fernández Díaz, 2000 .

Es así que a simple vista, la idea del orden a partir del desorden puede parecer contradictoria, e incluso un atentado contra la “teoría del conocimiento”; pero en realidad, puede servir como base o cuña entre dos posiciones

aparentemente irreconciliables: el determinismo y el indeterminismo.

Supongamos lo siguiente: dado un sistema determinista en el que expresamos con S el

espacio de todas las posibles trayectorias, y con  $s: S \rightarrow T$  las funciones, es preciso cumplir, las dos condiciones siguientes si queremos realizar predicciones:

- a) Debemos ser capaces de calcular la función que permite determinar el estado futuro  $s(t)$  a partir de la situación en el momento inicial  $s(t_0)$ .
- b) Deberemos, asimismo, estar en condiciones de medir el estado inicial del sistema con la precisión suficiente como para garantizar que los errores de las predicciones sean mínimos.

De ello se derivan, como lo puede intuir el lector, dos nociones de impredecibilidad ligados respectivamente, al grado de fiabilidad de las mediciones y a la sensibilidad respecto a las condiciones iniciales. Esta segunda característica o exigencia constituye, sin duda alguna, la marca de la dinámica caótica.

Evidentemente existe una conexión entre la impredecibilidad, entendida en términos de complejidad algorítmica, y el caos, entendido en términos de dependencia sensible de las condiciones iniciales. En algunos trabajos se ha pretendido demostrar de forma rigurosa que ambos enfoques o componentes no son sino caras de la misma moneda.

De una forma más precisa podrían establecerse las condiciones necesarias y suficientes para la existencia de caos, considerando conjuntamente la impredecibilidad, la divergencia exponencial de las trayectorias, así como la permanencia de las mismas en una región finita del espacio  $S$ , aunque ello podría provocar algunos problemas de incompatibilidad.

Todo esto nos lleva, sin más dilaciones, a poner de relieve como característica de los sistemas caóticos el hecho de que son deterministas, pero se comportan como si no lo fueran. A corto y mediano plazos podríamos hablar, de forma general en los campos de la ciencia, de

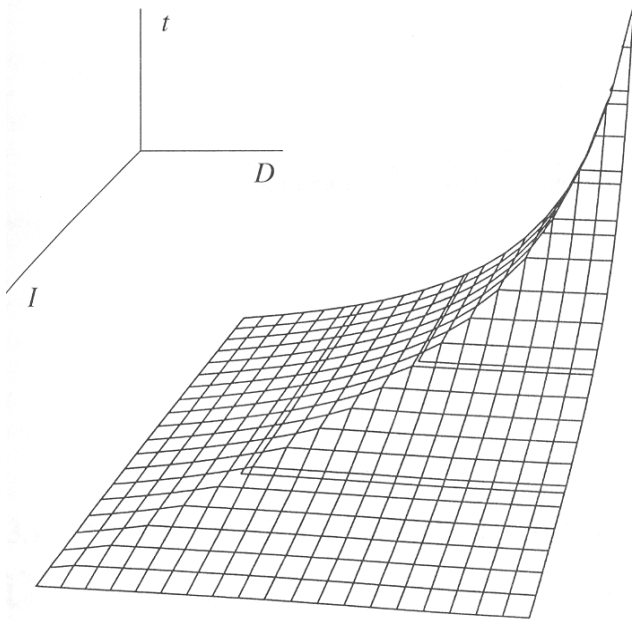
indeterminismo, en tanto que a largo plazo puede hablarse de determinismo. Se trataría entonces de un planteamiento a escala: macroscópicamente deterministas y microscópicamente indeterministas.<sup>3</sup> De esto se deriva que puede darse o contemplarse de manera simultánea el indeterminismo y el determinismo en el mismo fenómeno.

Lo anterior, sin duda, vendría a romper nuestros esquemas. Sin embargo, hay que reconocer que la ciencia trata siempre de descubrir el orden oculto de la naturaleza y que sin esta paradójica composición de lugar no podría explicarse los fenómenos de turbulencia, los cambios climáticos o las fluctuaciones en los mercados cambiarios, tema que nos ocupa. Detengámonos un momento en este último caso. Se trata de un ejemplo típico en el que la aparente aleatoriedad en las series temporales puede deberse al comportamiento caótico de un sistema no-lineal, pero determinista, que permite llevar a cabo predicciones a corto plazo más precisas que las que podrían realizarse con modelos estocásticos lineales.

Esta dualidad determinista-indeterminista del fenómeno nos permite pensar en una relación de complementariedad no estricta entre ambos conceptos en el sentido que de una forma gráfica, y tan sólo a efectos ilustrativos, exponemos en la gráfica 1.

Como podemos observar, se comprueba que, para cualquier punto de la superficie, el valor concreto en el eje temporal está dosificando la mezcla de determinismo e indeterminismo. Sabiendo, como ya hemos dicho, que determinismo no implica forzosamente predicibilidad, y en la medida en que el grado de indeterminación se deba a la no-linealidad, a la fuerte dependencia de pequeñas variaciones en los valores iniciales y, en general, a las condiciones que caracterizan el fenómeno como algo más que puramente aleatorio, podemos considerar efectivamente que nuestra superficie representa el lugar geométrico de un conjunto de puntos en el espacio con diferentes graduaciones

**GRÁFICA 1.**  
**REPRESENTACIÓN TRIDIMENSIONAL SOBRE EL CAOS.**



Los ejes representan I = Indeterminismo, D = Determinismo y t = tiempo.

Fuente: Fernández Díaz, 2000.

de caos. En fin, parece ser que el caos no es tan caótico. Tiene cierta regularidad y orden.

Por consiguiente, el pensar en el caos como una nueva forma de ver y pensar debe impulsarnos a considerar el principio de una nueva rama de la Economía, y no sólo considerarla como un conjunto de modelos o técnicas matemáticamente elegantes y filosóficamente sofisticados. Además, no rompe con la tradicional manera de pensar, sino que más bien la complementa.

La naturaleza no-lineal de la mayor parte de los fenómenos económicos, su extrema dependencia de pequeñas variaciones de los valores iniciales, su habitual ubicación lejos o fuera del equilibrio, así como sus innumerables efectos multiplicadores y comportamientos emergentes, permiten “amortizar” rápidamente el nuevo acervo teórico mostrado, garantizando la utilidad y pertinencia del mismo. Claro, no pensemos que el caos sea la panacea, pero definitivamente puede ayudarnos a comprender mejor el por qué de los fenómenos económicos.

**Notas:**

1. Otras áreas de estudio económico basadas en la Teoría del Caos las describe Ibarra en su tesis de licenciatura “*Dinámica Caótica y Tipos de Cambio. Un Estudio para México*”. Facultad de Economía, U.A.N.L. diciembre, 2003.

2. Como podemos observar, el último bloque del esquema constituye un núcleo de pensamiento en torno a la dinámica caótica, que va de las conocidas obras de Richard Goodwin y Keneth Arrow hasta las aportaciones más recientes de Paul Krugman, jugando un papel decisivo en esta materia el trabajo interdisciplinario que desarrolla el Santa Fe Institute.

3. La siguiente frase recoge con exactitud el planteamiento descrito: *La profesión del economista se divide en macroeconomía, que observa lo que no puede explicarse, y microeconomía, que explica lo que no puede observarse.*

**Bibliografía**

- BENHABIB, Jess (editor) (1992): “*Cycles and Chaos in Economic Equilibrium*”; Princeton University Press, Estados Unidos.
- BOLDRIN, Michele y Michael Woodford (1990): “*Equilibrium Models Displaying Endogenous Fluctuations and Chaos*”; Journal of Monetary Economics, pag: 189-222.
- BROCK, William A., David A. Hsich y Blake Le Baron (1992): “*Non linear Dynamics, Chaos and Instability. Statistical Theory and Economic Evidence*”; MIT Press, Inglaterra, 2da. Edición.
- EKELUND J. R., Robert B. y Robert F. Hébert (1992): “*Historia de la Teoría Económica y de su Método*”; McGraw-Hill, México, 3ra. Edición.
- FERNÁNDEZ DÍAZ, Andrés (2000): “*Dinámica Caótica en Economía. Teoría y Aplicaciones*”; McGraw-Hill, España, 2da. Edición.
- GALLANT, A. Ronald; Peter E. Rossi y George Tauchen (1993): “*Nonlinear Dynamic Structures*”; Econometrica, Vol. 61, No. 4, Julio, pag: 871-907.
- GEYMONAT, Ludovico (1998): “*Historia de la Filosofía y de la Ciencia*”; Editorial Grijalbo Mondadori, España.
- GOODWIN, Richard M. (1992): “*Chaotic Economic Dynamics*”; Clarendon Press Oxford, Inglaterra.
- GRABBE, J. Orlin: “*Chaos and Fractals in Financial Markets*”; disponible en: <http://www.aci.net/kalliste/Chaos.htm>
- IBARRA ONOFRE, Julián (2003): “*Dinámica Caótica y Tipos de Cambio. Un Estudio para México*”. Tesis de Licenciatura, Diciembre. Facultad de Economía, U.A.N.L. México.
- KELLERT, Stephen H. (1993): “*In the Wake of Chaos. Unpredictable Order in Dynamics and Systems*”; The University of Chicago Press, Estados Unidos.
- KRUGMAN, Paul R. (1996): “*La Organización Espontánea de la Economía*”; Antoni Bosch Editor, España.
- LOMELÍ ORTEGA, Héctor E. e Irma Beatriz Rumbos Pellicer (2003): “*Métodos Dinámicos en Economía. Otra Búsqueda del Tiempo Perdido*”; Internacional Thomson Editores, México.
- MORRISON, Foster (1991): “*The Art of Modeling Dynamics Systems. Forecasting for Chaos, Randomness and Determinism*”; Multiscience Press, Estados Unidos.
- SCHUMPETER, Joseph A. (1971): “*Historia del Análisis Económico*”; Fondo de Cultura Económica, México.
- STERMAN, John D. (1989): “*Deterministic Chaos in an Experimental Economic System*”; Journal of Economic Behavior and Organization, 12, pag: 1-28.