

LA ECONOMÍA EN EL MARCO DE LA CIENCIA COMPLEJA

Elena Olmedo Fernández
Universidad de Sevilla

Juan Manuel Valderas
Universidad de Sevilla

Ruth Mateos de Cabo
Universidad CEU-San Pablo

LA ECONOMÍA EN EL MARCO DE LA CIENCIA CLÁSICA

Newton proporcionó las tres leyes de movimiento para describir el movimiento de los planetas, pero estas leyes se aplicaron con éxito de un modo general a multitud de problemas físicos, considerándose que esta aplicación es la base del método científico moderno, también denominado, por este motivo, paradigma newtoniano. Este método marcó el desarrollo de la ciencia clásica, sustentada por el denominado reduccionismo cartesiano. El nombre de Descartes está asociado a la popularización de la metáfora de la máquina: el cuerpo es una máquina biológica y la mente es algo aparte del cuerpo. La importancia de esta metáfora es que la máquina está formada por distintas partes, y que puede ser reducida a ellas sin perder su carácter de máquina, de manera que estudiar la máquina equivale a estudiar sus partes.

Este reduccionismo cartesiano conduce al Principio de Causalidad Fuerte que rige esta mentalidad determinista: el conocimiento completo de las causas implica en conocimiento completo de las consecuencias (el conocido como ‘demonio de Laplace’). Es decir, que para la ciencia clásica, que tuvo su referente en la Física, la descripción precisa, el conocimiento y la comprensión del objeto de investigación implica la capacidad de predecir con certeza la situación de este objeto, tanto en el pasado como en el futuro. Para esta predicción se necesitaba conocer la Ley que rige su evolución, y uno de los estados del objeto considerado. En definitiva, para el conocimiento del sistema estudiado se necesitaba experimentación, que implicaba reducir el sistema a sus partes y estudiarlas en un contexto adecuado.

Pero el mismo Laplace puso de manifiesto que este determinismo no era tanto real como asintótico ya que, en la práctica, no se conocían completamente todas las causas. Debido a la imposibilidad de conocer completamente las causas implicadas, motivada por presencia de numerosos agentes, se relajó el Principio de Causalidad Fuerte, sustituyéndose por el Principio de Causalidad Débil: el conocimiento aproximado de las causas implica el conocimiento aproximado de las consecuencias, llegando así a una predicción aproximada, en términos estadísticos. La búsqueda de leyes universales deterministas se sustituye por la búsqueda de leyes estadísticas, que trabajan en promedio y que utilizan las herramientas necesarias para el manejo de la incertidumbre o azar aparejada al desconocimiento de todas las relaciones implicadas en el fenómeno estudiado. Este azar era concebido como ausencia de información, asociada con la presencia de un número demasiado elevado de relaciones y datos implicados.

Así, el mundo determinista y el estadístico convivían, cada uno dedicado al tratamiento de un tipo distinto de problemas:

- El primero asociado a los fenómenos simples, entendiendo por simples con pocos grados de

libertad, en los cuales era posible el conocimiento de las causas

- El segundo asociado a los fenómenos complejos, entendiendo por complejos con un número elevado de grados de libertad, en los cuales no era posible el conocimiento de las causas

En ambos casos, sin embargo, existían dos principios subyacentes fundamentales, hasta ahora no mencionados:

- La independencia del objeto respecto del observador
- La existencia de relaciones lineales entre las causas y los efectos, que permitían que el conocimiento aproximado de las causas implicara el conocimiento aproximado de las consecuencias

En este punto conviene recordar que la Economía nace como ciencia en el siglo XIII (generalmente la fecha considerada es 1776, fecha de publicación de *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, de Adam Smith). En esta época adopta el paradigma científico clásico, buscando el enunciado de leyes económicas universales. Aunque sigue utilizando herramientas estadísticas para la descripción de la realidad económica, no introduce explícitamente la aleatoriedad en los modelos hasta el siglo XX.

De hecho, las características particulares de la realidad económica, al igual que en el resto de las ciencias denominadas ‘sociales’, han cuestionado la científicidad de sus respectivas aproximaciones a sus objetos de estudio. Y esto es debido porque en estas disciplinas es complicado sostener las dos hipótesis básicas antes mencionadas: la independencia del objeto observado respecto del observador, y la linealidad de las relaciones entre las causas y los efectos. En definitiva, la excesiva complejidad de la realidad económica hace imposible mantener estas hipótesis, lo cual conduce a su vez al fallo del enfoque científico clásico, sobre todo a nivel de predicción.

Ahora bien, ambos supuestos han sido cuestionados en los últimos tiempos en el contexto de las ciencias usualmente calificadas como ‘duras’. El Principio de Incertidumbre de Heisenberg puso de manifiesto la dependencia entre observación y observador, mientras que la Teoría del Caos cuestionó el supuesto de relación lineal entre causas y consecuencias (ya que la propiedad de dependencia sensible a las condiciones iniciales produce que la más mínima diferencia en la descripción del estado inicial del sistema provoque cambios que hace distintos a sistemas complejos originariamente tan parecidos como se quiera suponer). En definitiva, ambos principios han incidido en que descripciones precisas no garantizan la certeza en la predicción. Por este motivo, se puede hablar de un acercamiento entre las ‘ciencias duras’ y las ‘ciencias blandas’, trabajando las primeras con conceptos como complejidad y dependencia del pasado, usualmente vinculados a las segundas.

EL CONCEPTO DE COMPLEJIDAD

La aplicación del paradigma newtoniano al análisis del mundo lo reduce a mecánica simple. Pero en la realidad, el mundo es complejo. Por otro lado, el éxito del paradigma newtoniano es innegable, y prueba de ello es el desarrollo de la ciencia y tecnología moderna. Que tenga límites no implica que no funcione en un determinado ámbito sino que son precisamente estos límites los que dan lugar al concepto de complejidad.

La ciencia trabaja combinando la observación de la realidad con algún tipo de actividad inductiva para obtener generalizaciones a partir de esta observación. En definitiva, con el método científico se relaciona el mundo real (o sistema natural) con el mundo de las ideas (sistema formal), codificando el sistema natural en otro sistema, desarrollado por el investigador, que es el sistema formal. Se trabaja con este sistema formal hasta conseguir que represente adecuadamente el sistema natural. Entonces se decodifica el sistema formal para verificar si representa o no adecuadamente el fenómeno natural observado. Si este esquema funciona, se obtiene un modelo del mundo real.

El problema con el que nos encontramos es que, debido a que el mundo es complejo, el sistema formal no va a poder capturarlo por completo, y por eso no puede representarlo adecuadamente. Durante mucho tiempo, el sistema formal adecuado fue el proporcionado por el paradigma newtoniano; y ésto fue tanto así que el mismo paradigma reemplazó al mundo real: el sistema formal tomó el lugar del sistema natural. Pero conforme los problemas fueron examinados con mayor profundidad, hubo aspectos que el paradigma newtoniano no explicaba adecuadamente, y que por tanto necesitaban una explicación diferente. Aquí es donde nace el concepto de complejidad.

Como señala Rosser [Rosser, 1999], no hay acuerdo en la definición del vocablo complejidad. De hecho, como destaca el mismo autor, cada una de las definiciones proporcionadas se centra en una característica diferente de la complejidad, quedando claro que la complejidad es un concepto multidisciplinar. Así, Day trabaja con una definición matemática de complejidad: un sistema es complejo si endógenamente no tiene a un punto fijo, ni a un ciclo límite, ni a un comportamiento explosivo. Pryor y Stodder trabajan con una visión estructural de la complejidad, incidiendo en la cantidad de estructuras implicadas, y en las complicadas interrelaciones entre ellas. Otros autores (Leijonhufvud, Stodder, Albin y Foley) trabajan con una definición computacional: una situación es compleja cuando existe una gran dificultad para calcular las soluciones a los problemas de optimización. Horgan [Horgan, 1995] también proporciona otras definiciones de complejidad: complejidad como entropía, desorden de un sistema; complejidad como la capacidad de un sistema para informar a un observador; complejidad como la borrosidad de un sistema, el grado de detalle que muestra a escalas cada vez menores; complejidad como el tiempo requerido para que un ordenador describa un sistema, o la cantidad de memoria requerida para esa descripción; complejidad como el grado en que una parte del sistema proporciona información acerca de otras partes...

En base a la propuesta de Edmonds [Edmonds, 1995], proporcionamos la siguiente definición de complejidad:

La complejidad es la propiedad del sistema del mundo real que se manifiesta en la incapacidad de cualquier tipo de sistema formal para capturar adecuadamente todas sus propiedades, su comportamiento completo, aunque se disponga de una información completa de sus componentes y sus interrelaciones.

CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA COMPLEJIDAD

Vista la idea anterior, queda preguntarnos por los motivos que conducen a esta incapacidad de los sistemas formales para capturar las propiedades de los sistemas, cuando éstos son complejos. Según Edmonds (op.cit), existen distintos conceptos relacionados con la complejidad de un sistema:

1. *El tamaño del sistema:* Bajo esta perspectiva, el tamaño indica la dificultad que conlleva el manejo del sistema. Pero el tamaño no conduce indefectiblemente a la complejidad del sistema, sino que es necesaria una suposición adicional: la existencia de un gran número de interrelaciones entre los elementos del sistema.
2. *La ignorancia:* La complejidad es una causa de la ignorancia, pero puede no ser la única.
3. *La información:* La cantidad de información de un sistema está relacionada con su complejidad de manera que si un sistema tiene poca información, será poco complejo pero no todo sistema con mucha información será necesariamente complejo ya que puede haber mucha información, pero pocas interrelaciones entre los elementos del sistema.
4. *La variedad:* La variedad es necesaria para la complejidad, pero no es una condición suficiente.
5. *El orden y el desorden:* El sistema complejo se mueve entre el orden y el desorden. Algo completamente desordenado no es complejo, ni algo totalmente ordenado tampoco.

A partir de todo lo dicho, a partir del trabajo de Pavard y Dugdale [Pavard y Dugdale, 2000], enumeramos las siguientes propiedades de los sistemas complejos:

1. *Ausencia de determinismo*: Aunque se conozca de manera precisa el comportamiento de sus partes constituyentes, no es posible anticipar con certeza su evolución futura.
2. *Dependencia del pasado*: Como consecuencia de lo anterior, el corto plazo influirá necesariamente en el largo plazo o, dicho de otro modo, como señala Durlauf, las innovaciones económicas tienen consecuencias permanentes.
3. *Descomponibilidad limitada*: Un sistema complejo tiene una estructura dinámica, de manera que es imposible estudiar sus propiedades descomponiéndolas en elementos estables. Así, la permanente interacción del sistema con el entorno y de sus elementos entre sí inducen propiedades de auto-organización y de reestructuración del sistema.
4. *Información y representación distribuida*: Un sistema complejo posee funciones que no pueden localizarse de manera precisa.
5. *Emergencia y auto-organización*: Un sistema complejo crea estructuras, patrones y propiedades, debido a las interacciones (no lineales y distribuidas) entre los elementos del sistema, que son observables a nivel macro aunque se originan a nivel micro (propiedades emergentes) y que, por tanto, no son accesibles desde un conocimiento de los componentes individuales del sistema.

IMPLICACIONES DE LA CONSIDERACIÓN DE LA COMPLEJIDAD EN ECONOMÍA

Diversos autores, como Rosser y Kramer [Rosser y Kramer, 2000] y Durlauf [Durlauf, 1997], han enumerado distintas características que inducen a la consideración de la economía desde un punto de vista complejo. De entre ellas, destacamos las siguientes:

Desde el punto de vista de las relaciones o interacciones entre los agentes económicos, puede decirse que:

1. Las interacciones se encuentran de manera dispersa en todo el sistema, y generalmente hay una ausencia de una jerarquía clara.
2. Existen fenómenos de retroalimentación positiva y de rendimientos crecientes.
3. Existen relaciones entre el sistema y su entorno: ninguna economía es un sistema cerrado.

Estas características de las relaciones entre los elementos del sistema producen una serie de interesantes comportamientos a nivel agregado:

1. *Evolución frente a equilibrio*: Debido a que los agentes se adaptan mediante la evolución y el aprendizaje, los sistemas económicos son procesos en movimiento, que evolucionan, que presentan una dinámica del no equilibrio. Es más, el comportamiento del sistema no se comprende si únicamente estamos interesados en conceptualizar su equilibrio. El estudio de la dinámica del sistema es, por tanto, importante en sí mismo, y no sólo como un estado transitorio hasta alcanzar el equilibrio.
2. *Dependencia del pasado*: Como consecuencia de lo anterior, el presente del sistema depende de los hechos pasados.
3. *Propiedades emergentes*: Debido a las relaciones entre los agentes, ya mencionadas, surgen en el nivel macro propiedades que no se deducen simplemente del conocimiento del comportamiento del nivel micro. Dicho de otro modo: el sistema no puede conocerse aunque se tenga una comprensión precisa de sus partes, ya que el proceso de agregación no es simplemente el resultado de la suma del comportamiento de los individuos. Esto conduce a la tercera consideración acerca del comportamiento agregado.
4. *No linealidad*: Para que exista retroalimentación positiva y rendimientos crecientes es necesaria la existencia de relaciones no lineales, que asimismo son necesarias para que el

conjunto sea algo más que la mera suma de sus partes.

Las implicaciones del estudio de la economía desde una perspectiva compleja se pueden encuadrar en tres ámbitos distintos:

1. Teoría
2. Metodología
3. Política

Implicaciones para la Teoría Económica: como señala Rosser [Rosser, 1999], las implicaciones más inmediatas son dos:

- Debido a la propiedad de la sensibilidad a las condiciones iniciales, los agentes no pueden obtener información adecuada para formar sus expectativas de manera racional, de manera que se invalida la hipótesis de las expectativas racionales.
- Debido a la importancia del desequilibrio, carece de sentido el equilibrio walrasiano del mercado.

Así, se invalidan dos de los puntos fundamentales de la Economía Neoclásica. Hay autores que defienden que esto conduce a una Economía Neo Keynesiana, y otros que hablan de una Economía Post-Walrasiana. Actualmente se está trabajando más en la línea de considerar equilibrios de expectativas consistentes (también denominados comportamientos de racionalidad acotada), en lugar de expectativas racionales, considerando que los individuos pueden, utilizando mecanismos adaptativos, reproducir la dinámica caótica subyacente.

Implicaciones para la metodología económica: Una de las consecuencias prácticas más importantes del análisis de la economía desde un punto de vista complejo ha sido el cambio de enfoque en el trabajo empírico, así como el desarrollo de nuevas técnicas y modelos. En concreto, se ha trabajado en cuatro vías distintas:

1. Desarrollo de modelos deterministas no lineales que producen una dinámica cualitativamente similar a la que presenta la economía real (econometría cualitativa). Su propósito no es la estimación, sino el análisis de su evolución cualitativa y la caracterización del sistema utilizando medidas de cuantificación de la complejidad, como la dimensión fractal, la entropía y el máximo exponente de Lyapunov.
2. Desarrollo de modelos estocásticos no lineales que, por medio de su estimación, tratan de explicar la realidad económica para predecir su evolución futura (para una revisión, ver Tong [Tong, 1995]).
3. Desarrollo de herramientas para caracterizar empíricamente una serie temporal, desde un punto de vista complejo. En particular, el Teorema de Takens permite la reconstrucción del sistema dinámico subyacente desconocido que ha generado la serie temporal, de manera que se mantengan las propiedades dinámicas. Una vez reconstruido el sistema original, se utiliza la dimensión de correlación para medir la dimensión fractal, y se están desarrollando técnicas que utilizan el ajuste de modelos no lineales para el cálculo de los exponentes de Lyapunov. Además, se han desarrollado contrastes para verificar la existencia de no linealidad en la serie temporal.
4. Desarrollo de nuevas técnicas de predicción, basadas en la reconstrucción del modelo subyacente utilizando el Teorema de Takens, o bien utilizando redes neuronales.

Implicaciones para la política económica: El contexto de la complejidad ha supuesto una renovación del tradicional debate intervencionismo-liberalismo. Algunos teóricos defienden que, dada la incertidumbre acerca de la evolución futura de la economía, es importante que el Estado juegue un papel para reducir esa incertidumbre con estructuras que potencien la estabilidad económica. Otros

estudiosos sostienen que, dada la complejidad de la economía y la sensibilidad a pequeños cambios, cualquier intervención podría tener consecuencias no deseadas. De cualquier modo, es indudable que, a pesar de períodos de inestabilidad, la mayoría del tiempo las economías y los mercados mantienen un comportamiento globalmente estable, aunque localmente inestable. El debate por tanto será si esta estabilidad global es originada por la propia dinámica de la economía, o por las instituciones económicas. En cualquier caso, parece que la propia economía genera mecanismos estabilizadores y que las instituciones deben coadyuvar en este proceso, teniendo en cuenta que la búsqueda de la estabilidad local puede minar la estabilidad global.

REFERENCIAS

- Edmonds, Bruce (1995): *What is Complexity? The philosophy of complexity per se with application to some examples in evolution*, en F. Heylighen y D. Aerts (eds.): *The Evolution of Complexity*. Kluwer, Dordrecht.
- Durlauf, S.N. (1997): *What should policymakers know about Economic Complexity?*; wp 97-10-080 Santa Fe Institute.
- Horgan, J. (1995): *From complexity to perplexity*; Scientific American 272, 6, pp. 104-109.
- Pavard, B. y Dugdale, J. (2000): *The contribution of complexity theory to the study of socio-technical systems*; *New England Complex Systems Institute* electronic journal.
- Rosser, J.B. (1999): *On the complexities of Complex Economic Dynamics*; *Journal of Economic Perspectives* 13, 4, pp. 169-192.
- Rosser, J.B. y Kramer, K.L. (2000): *Integrating the complexity vision into Mathematical Economics*, en D. Colander (ed.) *Complexity and Teaching of Economics*. Edward Elgar, Cheltenham/Northampton.
- Ruano, J. (1997): *La predicción y la teoría del caos*; *Investigación y Marketing* 56, pp. 68-72.
- Takens, F. (1986): *Detecting strange attractors in turbulence* en D.A. Rand y L.-S. Young (eds.): *Lecture Notes in Mathematics: Dynamical Systems and Turbulence*. Springer-Verlag, pp. 366-381.
- Tong, H. (1990): *Non-linear time series. A dynamical system approach*. Oxford: Clarendon Press, Oxford.