



CUADERNOS DE ECONOMÍA

ISSN 0121-4772



Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Economía
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

ASESORES EXTERNOS

COMITÉ CIENTÍFICO

Ernesto Cárdenas

Pontificia Universidad Javeriana-Cali

José Félix Cataño

Universidad de los Andes

Philippe De Lombaerde

NEOMA Business School y UNU-CRIS

Edith Klimovsky

Universidad Autónoma Metropolitana de México

José Manuel Menudo

Universidad Pablo de Olavide

Gabriel Mías

Universidad Nacional de Colombia

Mauricio Pérez Salazar

Universidad Externado de Colombia

Fábio Waltenberg

Universidade Federal Fluminense de Rio de Janeiro

EQUIPO EDITORIAL

Daniela Cárdenas

Karen Tatiana Rodríguez

Maria Paula Moreno

Estudiante auxiliar

Proceditor Ltda.

Corrección de estilo, armada electrónica,
finalización de arte, impresión y acabados
Tel. 757 9200, Bogotá D. C.

Gabriela Bautista Rodríguez

Fotografía de la cubierta

Indexación, resúmenes o referencias en

SCOPUS

Thomson Reuters Web of Science

(antiguo ISI)-SciELO Citation Index

ESCI (Emerging Sources Citation Index) - Clarivate Analytics

EBSCO

Publindex - Categoría B - Colciencias

SciELO Social Sciences - Brasil

RePec - Research Papers in Economics

SSRN - Social Sciences Research Network

EconLit - Journal of Economic Literature

IBSS - International Bibliography of the Social Sciences

PAIS International - CSA Public Affairs Information Service

CLASE - Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades

Latindex - Sistema regional de información en línea

HLAS - Handbook of Latin American Studies

DOAJ - Directory of Open Access Journals

CAPEP - Portal Brasileiro de Informação Científica

CIBERA - Biblioteca Virtual Iberoamericana España / Portugal

DIALNET - Hemeroteca Virtual

Ulrich's Directory

DOTEC - Documentos Técnicos en Economía - Colombia

LatAm-Studies - Estudios Latinoamericanos

Redalyc

Universidad Nacional de Colombia

Carrera 30 No. 45-03, Edificio 310, primer piso

Correo electrónico: revcuaco_bog@unal.edu.co

Página web: www.ceconomia.unal.edu.co

Teléfono: (571)3165000 ext. 12308, AA. 055051, Bogotá D. C., Colombia

Cuadernos de Economía Vol. 43 No. 92 - 2024

El material de esta revista puede ser reproducido citando la fuente. El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores y no compromete de ninguna manera a la Escuela de Economía, ni a la Facultad de Ciencias Económicas, ni a la Universidad Nacional de Colombia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Rectora

Dolly Montoya Castaño

Vicerrector Sede Bogotá

Jaime Franky Rodríguez

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

Decana

Liliana Alejandra Chicaiza Becerra

ESCUELA DE ECONOMÍA

Directora

Nancy Milena Hoyos Gómez

CENTRO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO - CID

Karoll Gómez

DOCTORADO Y MAESTRÍA EN CIENCIAS ECONÓMICAS Y PROGRAMA CURRICULAR DE ECONOMÍA

Coordinadora

Olga Lucía Manrique

CUADERNOS DE ECONOMÍA

EDITOR

Gonzalo Cómbita

Universidad Nacional de Colombia

CONSEJO EDITORIAL

Juan Carlos Córdoba

Iowa State University

Liliana Chicaiza

Universidad Nacional de Colombia

Paula Herrera Idárraga

Pontificia Universidad Javeriana

Juan Miguel Gallego

Universidad del Rosario

Mario García

Universidad Nacional de Colombia

Iván Hernández

Universidad de Ibagué

Iván Montoya

Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Juan Carlos Moreno Brid

Universidad Nacional Autónoma de México

Manuel Muñoz

Universidad Nacional de Colombia

Ömer Özak

Southern Methodist University

Marla Ripoll

Universidad de Pittsburgh

Juanita Villaveces

Universidad Nacional de Colombia

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia.

Usted es libre de:

Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:

- **Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante. Si utiliza parte o la totalidad de esta investigación tiene que especificar la fuente.
- **No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin Obras Derivadas** — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Los derechos derivados de usos legítimos u otras limitaciones reconocidas por la ley no se ven afectados por lo anterior.



El contenido de los artículos y reseñas publicadas es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista u opinión de la Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas o de la Universidad Nacional de Colombia.

The content of all published articles and reviews does not reflect the official opinion of the Faculty of Economic Sciences at the School of Economics, or those of the Universidad Nacional de Colombia. Responsibility for the information and views expressed in the articles and reviews lies entirely with the author(s).

EXPECTATIVAS RACIONALES, ERGODICIDAD Y EXPECTATIVAS SOCIALES

Wilson Pérez-Oviedo

Pérez-Oviedo, W. (2024). Expectativas racionales, ergodicidad y expectativas sociales. *Cuadernos de Economía*, 43(92), 545-563.

En el presente artículo se critica la teoría de las expectativas racionales. Se destaca que Knight y Keynes, al distinguir entre riesgo e incertidumbre, propusieron una avenida de investigación completamente diferente. El objetivo es demostrar cómo la falta de comprensión del concepto de ergodicidad y el uso arbitrario de la palabra por parte de economistas –especialmente de la escuela poskeynesiana– desorientó la crítica al enfoque probabilístico de la corriente principal y privó a la teoría económica de los frutos que se podrían haber obtenido siguiendo el camino planteado por Keynes y Knight. Se propone retomar este camino desde la perspectiva de los sistemas adaptativos complejos.

Palabras clave: incertidumbre; expectativas racionales; ergodicidad; sistemas complejos.

JEL: B23, B59.

W. Pérez-Oviedo

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Quito (Ecuador). Correo electrónico: wperez@flacso.edu.ec

Sugerencia de citación: Pérez-Oviedo, W. (2024). Expectativas racionales, ergodicidad y expectativas sociales. *Cuadernos de Economía*, 43(92), 545-563. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v43n92.106494>

Este artículo fue recibido el 22 de diciembre de 2022, ajustado el 10 de octubre de 2023 y su publicación aprobada el 10 de diciembre 2023.

Pérez-Oviedo, W. (2024). Rational expectations, ergodicity and social expectations. *Cuadernos de Economía*, 43(92), 545-563.

The theory of rational expectations is critiqued. It is noted that Knight and Keynes, by distinguishing between risk and uncertainty, proposed an entirely different avenue of inquiry. It demonstrates how the lack of understanding of the concept of ergodicity and the arbitrary use of the word by economists –especially from the Post Keynesian school– disoriented the critique of the Mainstream probabilistic approach and deprived economic theory of the fruits that could have been obtained by following the path proposed by Keynes and Knight. It is proposed to resume this path based on the perspective of complex adaptive systems.

Keywords: Uncertainty; rational expectations; ergodicity; complex systems.

JEL: B23, B59.

INTRODUCCIÓN

En la corriente principal se entiende que las decisiones intertemporales (ahorro, inversión, etc.) las toma el agente económico con base en sus expectativas sobre la dinámica futura de las variables económicas (véase, por ejemplo, el capítulo 9 sobre inversión en Romer, 2019). Frente a la ausencia de certeza sobre el futuro, el siguiente paso, casi natural, fue suponer que las variables económicas son variables aleatorias y que las expectativas son estimaciones de su distribución de probabilidad. Si asumir que el agente económico es optimizador puso a disposición de los economistas el poderoso arsenal de la programación matemática, identificar las expectativas de los agentes con la distribución de las variables aleatorias los armó con los no menos poderosos instrumentos de la teoría de probabilidades y la estadística. En ambos casos, caminos no exentos de riesgos.

Una versión extrema de este enfoque lo constituyen las expectativas racionales: puesto que las expectativas de los agentes sobre las variables macroeconómicas se traducen en decisiones (de consumo, de producción, etc.) que afectan la evolución futura de esas variables macroeconómicas, un agente “racional” tomaría en cuenta este hecho y adoptaría aquellas expectativas que se autovaliden en el futuro. En palabras de Shiller (2020, p. 3), quien usa el precio como ejemplo: “lo que necesitamos es encontrar una ecuación que defina la expectativa de precio que, al sustituir en el modelo, produce un modelo en el que esa ecuación da el pronóstico óptimo del precio”. Si se considera variables aleatorias dentro del sistema económico así representado, entonces el pronóstico óptimo del que habla Shiller está constituido por distribuciones de probabilidad.

Este enfoque requiere que cada agente conozca no solo el funcionamiento del sistema económico en su conjunto, sino también la teoría de probabilidades necesaria para entender su dinámica estocástica, así como las expectativas de los otros agentes o, al menos, suponer que este tipo de racionalidad es conocimiento común entre ellos y, por último, tanta capacidad de procesamiento como una sofisticada computadora. Puesto que nadie en su sano juicio afirmaría que los agentes económicos cumplen estas condiciones, una salida de los proponentes de esta teoría es postular que los agentes se comportan “como si” tuvieran semejante conocimiento y que llegaron a ese comportamiento mediante (ojalá) sencillas reglas de aprendizaje.

Por ejemplo, los agentes pueden estimar (tal vez económicamente) una función de predicción que van actualizando conforme la economía avanza en el tiempo, esperando que esta función converja a la que correspondería a expectativas racionales. Es verdad que de todas formas se asume cierto conocimiento estadístico, capacidad de procesamiento y atención a la evolución de las variables macroeconómicas por parte de los agentes. Pero, ni siquiera este enfoque ha sido exitoso para justificar las expectativas racionales, por problemas de estabilidad del proceso de aprendizaje, o porque si converge, puede hacerlo hacia algo diferente a aquellas expectativas. Así, Evans y Honkapohja (2001) concluyeron que “en general [...]

la estabilidad local del aprendizaje adaptativo de un estado estacionario ruidoso depende de la distribución del choque estocástico”. En términos más generales, Hommes (2021) afirmó que “trabajos posteriores han demostrado que el aprendizaje adaptativo no necesita converger a un equilibrio de expectativas racionales, más bien el aprendizaje puede inducir endógenamente ciclos (periódicos e incluso caóticos)” (p. 156). Más aún, puede haber alta sensibilidad de la dinámica del sistema respecto de la estrategia de aprendizaje de los agentes.

Por otro lado, la evidencia empírica señala que los agentes forman sus expectativas en forma distinta a lo postulado por la teoría de las expectativas racionales. Así, Shiller (2020) reportó que las personas pueden ser inducidas a ofrecer una predicción de la dirección del cambio de alguna variable macroeconómica importante, pero se resisten a dar un estimado cuantitativo. La información de la que disponen para hacer este tipo de previsiones es muy fragmentada pues, aunque recuerdan si el empleo subió o bajó, no recuerdan los valores o tasas de variación de las variables. En el mismo sentido, Coibion *et al.* reportaron que:

Los datos basados en encuestas a nivel micro sobre las expectativas subjetivas de las personas han revelado que las expectativas se desvían de las expectativas racionales de manera sistemática y cuantitativamente importante, incluida la previsibilidad del error de pronóstico y el sesgo. (2018, p. 1447)

Más importante aún, si los modelos macroeconómicos presentan múltiples equilibrios surge la pregunta de por qué las previsiones de todos los agentes van a hacer referencia a uno solo de esos posibles equilibrios (para una discusión sobre la existencia de múltiples equilibrios en un modelo macroeconómico, consecuencia del teorema de Mantel-Debreu-Sonnenschein, véase Rizvi, 2006).

No es de extrañar que en el campo de la heterodoxia hayan surgido críticas a la propuesta reinante en la corriente principal, especialmente al amparo del concepto de incertidumbre propuesto inicialmente por John Maynard Keynes y Frank Knight. Estos autores entendieron como situaciones de “riesgo” a aquellas en donde tenía sentido representar el futuro como una variable aleatoria, es decir, como un conjunto de potenciales eventos que incluye todos los posibles estados futuros del sistema, y una distribución de probabilidad sobre este conjunto, y distinguieron estas situaciones de aquellas de “incertidumbre,” en donde no podemos listar todos los posibles futuros (el futuro trae eventos que ni siquiera pudimos imaginar) o no podemos asignar una distribución de probabilidad a aquellos eventos, pues no tenemos información que nos permita hacer tal estimación:

por conocimiento ‘incierto’, permítanme explicar, no me refiero simplemente a distinguir lo que se sabe con certeza de lo que solo es probable. [...] Acerca de estos asuntos no hay base científica sobre la cual formar cualquier probabilidad calculable. Simplemente no sabemos. (Keynes, 1937, p. 214)

Sin embargo, la falta de comprensión del concepto de ergodicidad y el uso arbitrario de la palabra por parte de algunos economistas –en especial de la escuela

poskeynesiana— desorientó la crítica al enfoque probabilístico de la corriente principal y privó a la teoría económica de los frutos que se podrían haber obtenido siguiendo el camino planteado por Keynes y Knight. En este sentido, la ergodicidad fue entendida por los poskeynesianos como uno de los supuestos más importantes de la corriente principal. Dado que el mundo social en que vivimos no es ergódico —debido a, por ejemplo, el impacto permanente y la incertidumbre que las innovaciones tecnológicas traen a la sociedad— este supuesto fue denunciado por la escuela poskeynesiana como un error de trascendental importancia por parte de la corriente principal, por lo que la ergodicidad tomó un papel central en el debate entre estas dos escuelas.

El presente artículo explica el uso del concepto de ergodicidad en la economía, dejando en claro las inconsistencias y equivocaciones en que se ha incurrido y propone retomar la propuesta Keynesiana que se conecta claramente con propuestas de modelización de la formación social de opiniones que se adelantan desde la perspectiva de los sistemas adaptativos complejos. En este artículo se aclara el concepto matemático de ergodicidad, usando tres definiciones distintas; luego, se explica el uso del concepto de ergodicidad en economía, el tratamiento que le da la escuela poskeynesiana y se demuestra que la confusión persiste en cuanto a la aplicación del concepto en ciencias sociales; posteriormente, se explican los avances en el enfoque social de la formación de expectativas que retoman el verdadero espíritu keynesiano. Finalmente, se presentan las conclusiones.

¿QUÉ ES LA ERGODICIDAD?

En esta sección se define el concepto de ergodicidad en el campo al cual pertenece, el de las matemáticas, en tres versiones: (1) en su concepción original, (2) para series temporales, y (3) para procesos markovianos, ya que estas dos últimas herramientas son de aplicación común en economía y nos permitirán evaluar el uso del concepto en esta disciplina. Existen más definiciones del concepto, por ejemplo Ross y Pekoç (2007) lo definieron como el conjunto de eventos de cola que constituyen una sigma-álgebra trivial invariante, en un contexto de procesos estocásticos adaptados a filtraciones. Por ahora, estas complicaciones no hacen falta para el análisis posterior. Como se verá adelante, diferentes definiciones y su aplicación a distintas características de un proceso estocástico (ya sea alguno de sus momentos, su densidad o distribución) pueden llevar a conclusiones disímiles.

Para empezar, se abordará la definición original de ergodicidad desarrollada en la física. Consideramos un espacio X , llamado también espacio de fases, y un mapa autónomo (que no depende del tiempo) que nos dice cómo los puntos en X evolucionan en el tiempo tal que: $T: X \rightarrow X$. Así, una secuencia $\{x, T^1(x), T^2(x), T^3(x), \dots\}$ se conoce como la trayectoria de x . Vamos a requerir un espacio probabilístico $\{X, \beta, \mu\}$ donde β es una σ -álgebra y μ es una medida de probabilidad definidas sobre X . Definimos $T^{-1}(A) = \{x \in X : T(x) \in A\}$ donde $A \in \beta$. T es medible si $\forall A \in \beta: T^{-1}(A) \in \beta$. Finalmente, T es una transformación que preserva la medida si $\forall A \in \beta:$

$\mu(T^{-1}(A)) = \mu(A)$. En este marco, un sistema dinámico $[X, \beta, \mu, T]$ que preserva la medida es ergódico si y solo si:

$$\int_X f(x) d\mu = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f(T^j(x_0)) \quad (1)$$

Esto para cualquier f integrable en el sentido de Lebesgue, para casi todo estado inicial x_0 . A la izquierda tenemos el promedio “espacial” de f y a la derecha, el promedio de f en una trayectoria de T , x_0 es el estado inicial. Intuitivamente, la definición dice que, sin importar donde empieza, la trayectoria de T “cubre” o “recorre” todo X de manera “uniforme” en el sentido de la medida μ . Si bien se habla de $\int f(x) d\mu$ como el promedio “espacial,” se refiere al espacio de estados del sistema dinámico, no necesariamente a un espacio geográfico o a una población. Para poder aplicar el teorema con la interpretación similar a una de estas dos últimas es necesario demostrar que en efecto se trata del espacio de estados del sistema dinámico en cuestión. De cumplirse la propiedad ergódica así definida, el investigador podría predecir el valor promedio de una función de una trayectoria (la utilidad promedio de una trayectoria de consumo, por ejemplo), usando un promedio de un corte transversal en el espacio de los eventos, en este caso la utilidad promedio de la población.

Las series temporales son de uso común en econometría, por lo que es pertinente analizar la definición restringida de ergodicidad para la media (Hamilton, 1994, p. 46), se considera una serie de tiempo $\{Y_t\}$ covarianza-estacionaria (es decir, cuyos primero y segundos momentos no dependen del tiempo) de media y y de la cual se observa una realización $\{Y_1^{(1)}, Y_2^{(1)}, \dots, Y_T^{(1)}\}$. La serie será ergódica para la media cuando $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_j^{(1)} = y$. Hassler (2017) demostró que la condición necesaria y suficiente para obtener esta propiedad se expresa en la ecuación (2):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma_j = 0 \quad (2)$$

Donde $\gamma_j = E[(Y_t - y)(Y_{t-j} - y)]$ es la autocovarianza de la serie. La intuición de este concepto es que, para poder calcular la media de una serie econométrica (cuya media y varianza no dependen del tiempo), promediando las observaciones de la serie, es necesario que esta recorra con suficiente “fluidez” el soporte del proceso estocástico, sin detenerse “demasiado” (en un sentido definido por la medida probabilística de la serie) en ninguna región particular de ese soporte, lo cual se garantiza cuando la autocovarianza de la serie es más bien pequeña a lo largo de todo el proceso, es decir, cuando el valor que toma una variable aleatoria en un momento determinado no depende demasiado (en el sentido de la ecuación 2) del pasado.

Ahora, la definición de ergodicidad para un proceso markoviano discreto y finito ϱ_t , indexado en tiempo discreto, puede tomar uno de los N posibles estados $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$. El estado en el que se encuentre el sistema en el tiempo $t+1$ solo depende del estado del sistema en el tiempo t de acuerdo con una ley probabilística $m_{i,j} = P(\varrho_{t+1} = s_i | \varrho_t = s_j)$. Esto significa que el estado futuro del sistema depende solamente del presente y no de cómo el sistema llegó a ese presente, lo que se conoce como la propiedad markoviana. Matricialmente, la distribución de probabilidad del estado del sistema evoluciona de la siguiente manera, donde la flecha indica vector (columna, ver ecuación 3):

$$\bar{\varrho}_{t+1} = M \bar{\varrho}_t \quad (3)$$

Nótese que las columnas de la matriz $M = [m_{i,j} : i, j = 1 \dots N]$ deben sumar uno. Para ello son necesarias algunas definiciones. Si la matriz M puede describirse reordenando los estados si es necesario, como un ordenamiento de las matrices de esta

forma: $M = \begin{bmatrix} B & C \\ 0 & D \end{bmatrix}$, significa que si el sistema entra en los primeros estados (el grupo agregado en las columnas de la matriz B , siendo B una matriz cuadrada) ya no sale de ese grupo de estados, pues el elemento cero en la matriz indica que, si el sistema está en uno de esos estados, la probabilidad de que pase al complemento de este grupo es igual a cero. Cuando es posible escribir M de esta forma, decimos que el proceso es reducible; cuando no, se dice que el proceso es irreducible.

Puesto que las columnas de la matriz M suman uno, el vector unidad es un vector propio de M , y su correspondiente valor propio (uno) es también es valor propio de la matriz M . Llamemos Ω al vector propio asociado al valor propio 1, normalizado para que sus componentes sumen uno.

Si esta matriz tiene un solo valor propio igual a la unidad y los demás con módulo menor que uno (recordar que los valores propios pueden ser números complejos) entonces decimos que la matriz (y el proceso) es ergódico. De acuerdo con Norris (1997), se puede demostrar que, si la cadena markoviana es ergódica, entonces:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} M^n \bar{\varrho}_0 = \Omega \quad (4)$$

Donde $\bar{\varrho}_0$ es cualquier vector de componentes no cero que sumen uno, es decir, un vector que representa cualquier estado inicial del sistema. La fórmula significa que, desde cualquier estado inicial, el sistema llega tan cerca como queramos a un vector único Ω que depende solo de la matriz M , y que representa la distribución de probabilidades del sistema en ese, tal vez, lejano futuro. A Ω se le conoce como la distribución ergódica del proceso.

El tiempo de llegada corresponde a: $T_l^r = \min\{n \geq 1 : \varrho_n = l\}$, es decir, es el tiempo más pequeño de llegada al estado l . Mientras que el tiempo esperado de recurrencia es igual a $\tau_i^l = E[T_i^r | \varrho_n = i]$ y es el tiempo promedio que toma el sistema en regresar a

su estado inicial. Si este tiempo promedio de recurrencia es finito para ese estado, se dice que el estado es positivamente recurrente. Así, el período del estado i es el máximo común divisor del conjunto $\{n \geq 1: [M^n]_{i,i} > 0\}$, donde es $[A]_{i,i}$ el i -ésimo componente de la diagonal de la matriz A . Para entender este concepto, pensemos en un proceso markoviano y su estado i , y digamos que su período es 3. Esto significa que es positiva la probabilidad de que vuelva al estado en el tiempo 3, 6, 9, etc., mientras que es nula en los tiempos restantes. El estado cuyo período es 1 se llama aperiódico. Cuando todos los estados de una cadena de Markov son aperiódicos y positivamente recurrentes y la cadena no es reducible se considera una definición alternativa de ergodicidad (Borovkov, 1994, p. 3-7). Intuitivamente, una cadena de Markov no será ergódica si: (1) hay estados que, a partir de algún momento, ya no son visitados, restringiendo las realizaciones del proceso a un subconjunto de estados o, si (2) la serie muestra comportamiento periódico, es decir, regresa con regularidad a, al menos, un estado. Como se verá posteriormente, estas propiedades de las cadenas de Markov ergódicas van a contramano de la interpretación que los poskeynesianos hacen del concepto.

Cuando una cadena de Markov es ergódica, no solo que la distribución ergódica Ω existe y el sistema converge hacia ella, sino que puede ser estimada (es decir, puede ser conocida) con base en las observaciones de las realizaciones del sistema en el tiempo:

$$\Omega_i = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N 1_{\{e_t=i\}} \quad (5)$$

Nótese que la ergodicidad de la cadena asegura que su distribución empírica converge hacia la distribución ergódica, es decir, es una propiedad de cercanía entre estas dos distribuciones que se registra a partir de un instante específico en adelante, dependiendo de la cercanía que queremos entre ambos vectores. No se sabe, entonces, qué tanto tiempo va a tomar alcanzar ese instante. Este es un hecho que se debería tomar en cuenta al momento de usar este tipo de convergencias en la toma de decisiones humanas, que requieren de su propia temporalidad, tal como se explica en el siguiente apartado.

EL USO DE LA ERGODICIDAD EN ECONOMÍA

En este apartado se analiza algunos de los usos que se ha dado a la ergodicidad en economía, destacando la importancia que le han dado en la escuela poskeynesiana y cómo esto resultó en un desvío inadecuado del análisis de las decisiones humanas, que debería tomar seriamente en cuenta la incertidumbre.

La escuela poskeynesiana ha resaltado como uno de sus pilares teóricos su concepción de la economía como un sistema no ergódico, en contraposición a la escuela neoclásica (y en general, a la corriente principal) a la que acusa de entender el sistema económico como ergódico. Así, una de sus más distinguidas representantes,

Sheila Dow, indicó que la economía de la corriente principal se basa en “el axioma de la sustitución bruta, el axioma de los reales (entiendo que se refiere a la separación de la esfera real y monetaria, es decir, la neutralidad del dinero) y el axioma de un mundo económico ergódico” (2005, p. 386). La misma autora parece entender el concepto de ergodicidad como (al menos) condición necesaria para la estabilidad: “no hay razón para presumir que tales estructuras permanezcan estables; el sistema económico es no ergódico” (2005, p. 387).

Por supuesto, el autor que más ha insistido sobre el (mal) uso del concepto es Paul Davidson, otro prominente miembro de esta escuela, quien afirmó que: “el axioma ergódico, por lo tanto, asegura que el resultado asociado con cualquier tiempo futuro puede ser confiadamente predicho por el análisis estadístico de datos ya en existencia” (2007a, p. 32). Este autor afirma que Keynes rechazó tal axioma; pero, desde nuestro punto de vista, Davidson está reduciendo el concepto de incertidumbre keynesiana a un concepto matemático que no corresponde:

el axioma ergódico es uno de los tres axiomas que Keynes rechazó. Cuando enfatizó la incertidumbre que rodea los resultados futuros. La descripción que hace Keynes de la incertidumbre coincide técnicamente con lo que los estadísticos matemáticos llaman un sistema estocástico no ergódico. (2007b, p. 13)

Lavoie, otro de los autores importantes de esta escuela, afirmó que:

La importancia del tiempo también está relacionada con la noción de no ergodicidad planteada por Davidson (1982), lo que significa que los promedios de tiempo y espacio pueden no coincidir, lo que implica que no podemos confiar en los promedios actuales o pasados para descubrir qué debería suceder en el futuro. (2014, p. 36)

La definición de ergodicidad que usa Lavoie es la primera que se mencionó previamente, aunque no queda claro si el espacio al que se refiere es necesariamente un espacio geográfico o el espacio geométrico en el que nos movemos o es el espacio de posibles estados del sistema (así, un sistema económico se puede mover en un espacio conformado por tasas de crecimiento del producto, saldos de balanza comercial, desempleo, consumo, inversión, etc.). Sin embargo, para este autor no ergodicidad significa que no se puede predecir el futuro con base en la información que se tiene hasta el presente, cosa que amplía más adelante: “un entorno no ergódico es un entorno de incertidumbre fundamental” (Lavoie, 2014, p. 37). Todos sus buenos deseos metodológicos y epistemológicos parecen caber debajo del paraguas de “la libertad de elección individual solo es compatible con un mundo no ergódico, dependiente de la trayectoria, sujeto a la posibilidad continua de un cambio estructural impredecible” (Fontana y Gerrard, 2004, citados en Lavoie, 2014, p. 75)

En definitiva, en esta escuela, ergodicidad parece significar, al menos, estabilidad y predictibilidad. Primero, notemos que un sistema puede ser calificado como

estable o inestable de acuerdo con diferentes criterios. Así, una economía puede ser denominada estable si su producto no crece, o, por el contrario, porque este crece a una tasa constante del $x\%$. Incluso si el PIB de una economía fluctúa con período y amplitud constantes, al graficarla en ese espacio se mostrará como un punto invariable. Si un sistema social se clasifica como estable, entonces, dependerá de qué variables se entiendan como importantes en tal sistema y esto dependerá del problema que se quiera abordar.

Es necesario estudiar la relación entre predictibilidad y ergodicidad. Para ello, es pertinente usar un clásico ejemplo de una serie que es covarianza-estacionaria: $\{\pi_t\}$ es un ruido blanco gaussiano, es decir, π_t y π_{t+k} son independientes para todo $k \in \mathbb{Z}$, y la distribución de cada $\pi_t = N(0, \sigma_\pi)$. Se añade una variable aleatoria $\vartheta = N(0, 1)$, independiente de π_t , para crear: $\tau_t = \varepsilon\pi_t + \vartheta$, donde ε es un número real positivo, del tamaño que queramos, por lo que τ_t podría depender tanto como queramos de ϑ . Por lo tanto:

$$\begin{aligned} E(\tau_t) &= E(\varepsilon\pi_t + \vartheta) = 0 \\ \gamma_k &= E(\tau_t \tau_{t-k}) = E[(\varepsilon\pi_t + \vartheta)(\varepsilon\pi_{t-k} + \vartheta)] = 1, \text{ para } k \neq 0, \text{ y} \\ V(\tau_t) &= \varepsilon^2 + 1 \end{aligned}$$

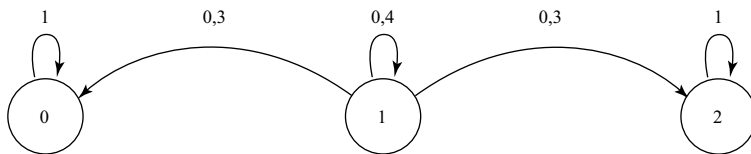
Es decir, se trata de un proceso covarianza-estacionario. Sin embargo, no se trata de un proceso ergódico, ya que no cumple la condición (2):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma_j = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 1 = 1$$

Nótese que el valor de ϑ , una vez realizada esta variable aleatoria, permanece constante o, dicho de otro modo, es un valor conocido. Para valores muy pequeños de ε , la “innovación” $\varepsilon\pi_t$ puede ser tan pequeña como queramos respecto a ϑ , es decir, τ_t se vuelve prácticamente constante, por lo tanto, se lo puede calificar de estable y es esencialmente predecible: si t_1 , puede predecirse que $\vartheta - 2\varepsilon\sigma_\pi \leq \tau_{t_1+1} \leq \vartheta + 2\varepsilon\sigma_\pi$ con el 95% de confianza. Entonces, esta serie de tiempo es predecible, pero no ergódica.

Figura 1.

Un proceso markoviano



Fuente: elaboración propia.

Un ejemplo adicional desde la definición (3). En la figura 1 se ve una cadena de Markov que es reducible, es decir, una vez que el sistema llega al estado 0 o al 2, se queda ahí, por lo que son estados absorbentes. Si un agente tiene que tomar una decisión en el tiempo cero y el sistema está en 0 o 2, el agente tiene certidumbre; si el sistema está en el estado 1, es perfectamente posible calcular las probabilidades de que en el tiempo t el sistema siga en el estado 1 (que es $0, 4^t$), llegue y se quede en el estado 0 (esto es $(1-0, 4^t)/2$), o llegue y se quede en el estado 2 (es decir, $(1-0, 4^t)/2$). Así, el agente puede asignar probabilidades a cada uno de los posibles estados futuros del sistema y, por tanto, se trata de una situación de riesgo y no de incertidumbre, a pesar de que el proceso no es ergódico de acuerdo con la definición (3). Otro ejemplo, una matriz de transición markoviana es ergódica si cumple con tres condiciones: es no reducible, positivamente recurrente y no periódica; entonces, un proceso como el siguiente:

$$\bar{\theta}_{t+1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \bar{\theta}_t \quad (6)$$

Esta matriz tiene 3 valores propios que son las 3 raíces cúbicas de 1 y tiene, por tanto, periodicidad de 3. En otras palabras, las trayectorias de este proceso son de este tipo: $\{s_1, s_2, s_3, s_1, s_2, s_3, s_1, \dots\}$ o sea, completamente predecibles, pero no ergódicas. Más aún es razonable calificar como estable a este proceso, ya que su periodicidad es determinística y constante.

Varias investigaciones empíricas (Zhang, Pavlou y Krishnan, 2018) dan cuenta de la influencia que en la opinión de un agente tienen las opiniones de su entorno social (definido por sus conexiones en la red social) e incluso en su comportamiento (Sijtsema y Lindenberg, 2018). Este tema sirve para explorar la conjunción de la teoría de redes con la idea de ergodicidad. Sea una red social de N individuos, en donde cada uno tiene una opinión sobre un tema específico, que se puede representar como un número real $\theta_i \in \mathbb{R}, i=1 \dots N$. Podemos representar esta influencia definiendo una matriz M tal que sus elementos m_{ij} son reales y $0 \leq m_{ij} \leq 1, i=1 \dots N, j=1 \dots N$ y los elementos de cada una de sus filas suman uno. Si $\theta^{t+1} = M\theta^t$, donde el superíndice nota el tiempo discreto, la dinámica de la opinión en esta red social puede analizarse como un proceso Markoviano, lo cual nos remite nuevamente a las propiedades ergódicas de la matriz M . Así, por ejemplo, la matriz en la ecuación (6) significaría una red circular en donde la opinión de un agente depende completamente de la opinión de quien le antecede en la red, lo que origina fluctuaciones predecibles en la opinión de cada agente, pero no convergencia.

De manera más general, Acemoglu y Fagnani (2013) y Ravazzi *et al.* (2015) analizaron redes sociales donde los agentes pueden tomar en cuenta las opiniones de su entorno para modificar la suya propia. Los primeros modelan agentes que cambian su opinión por “contagio social” (agentes regulares) y agentes que nunca cambian

de opinión (agentes tercetos); los segundos consideran mecanismos más generales de actualización de opiniones (o estados en general) en los nodos de la red (procesos afines). En ambos casos el proceso no converge a un vector determinístico (lo cual si sucediese cuando en nuestro ejemplo la matriz M fuese ergódica), sino que el proceso resultante fluctúa por siempre. En ambos casos el análisis continúa usando otra definición de ergodicidad. Así, Ravazzi *et al.* (2015) definieron que un proceso estocástico $\{x(k)\}_{k \geq 0, k \in \mathbb{Z}}$ es ergódico si existe una variable aleatoria x_∞ tal que: $\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{k} \sum_{l=0}^{k-1} x(l) = E(x_\infty)$. En este sentido, en ambos trabajos, los procesos estocásticos son ergódicos. Esto aplica a favor del argumento de usar el concepto de ergodicidad aplicando definiciones claras, y no quedándose en generalidades, ya que diferentes definiciones y su aplicación a distintas propiedades de una misma variable (sus momentos, distribución, etc.) puede llevar a conclusiones incluso contradictorias.

Por otro lado, si $\{Y_j\}$ es una serie ergódica y se requiere conocer su media y , pues la decisión depende de ese valor. Al ser ergódico para la media, se sabe que $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_j = y$. Pero ¿Es posible establecer cuándo el promedio muestral está lo suficientemente cerca de la media poblacional? Por supuesto que no. El concepto de límite asegura que esto sucederá a partir de un valor de n que dependerá de la precisión que se requiere en nuestra estimación de la media muestral, nada más. En términos temporales eso significa que, si el tiempo de nuestra serie se divide en días, el acercamiento de la serie a su límite –con la proximidad que deseamos– puede pasar en cuestión de semanas o de siglos: la convergencia se cumple en ambos casos. Es decir, en términos de las decisiones económicas de los seres humanos, ergodicidad no necesariamente garantiza predictibilidad.

En este sentido, de Miguel *et al.* (2007) consideraron un conjunto de activos financieros y generaron simulaciones de retornos de estos activos, perfecta y simplemente ergódicas, a las cuales aplican la fórmula prescrita por el modelo de valoración de activos financieros CAP-M (siglas de *Capital Asset Pricing Model*) y de algunas de sus variantes¹. Hacen competir estas estrategias entre sí y con una estrategia heurística muy simple: si hay N activos, asignar $1/N$ de la riqueza a cada activo. Entonces, comparan los resultados de cada estrategia usando como indicadores, fundamentalmente, la rentabilidad ajustada por riesgo (que es igual a la rentabilidad dividida para la desviación estándar) y el equivalente cierto (la cantidad que el inversionista aceptaría como equivalente al retorno con riesgo de una cartera dada). Sorprendentemente, la estrategia *naive*, dividir el capital en N partes iguales, arroja mejores resultados si los tamaños de muestra que se usan para estimar los parámetros no son muy grandes. Pero ¿Qué tan grandes?

¹ Estas variantes están orientadas a reducir la sensibilidad de los resultados a pequeñas variaciones de los parámetros.

Para los parámetros calibrados con los datos del mercado de valores de EE. UU., encontramos que, para una cartera con solo 25 activos, la ventana de estimación necesaria es de más de 3000 meses, y para una cartera con 50 activos, es más de 6000 meses, mientras que normalmente estos parámetros se estiman utilizando 60 a 120 meses de datos. (de Miguel, *et al.*, 2007, p. 1975)

En definitiva, se puede concluir de este resultado que la ergodicidad no asegura predictibilidad, al menos en términos humanos y útiles para la toma de decisiones; ni la no ergodicidad implica que la serie no es predecible en términos que pueden ser útiles para la toma de decisiones. En este sentido, se puede sospechar que quienes usan este tipo de terminología para marcar tal diferencia, en realidad usan palabras cuyo significado desconocen.

Una de las críticas más devastadoras al mal uso del concepto de ergodicidad por parte de la escuela poskeynesiana proviene de Carrión Álvarez y Ehnts (2016):

El término *shibboleth* describe una palabra o dicho usado por los adherentes de un partido, secta o creencia, y generalmente considerado por otros como vacío de significado real. En economía, las discusiones sobre la “ergodicidad” a menudo hacen que uno se pregunte si esto no es un *shibboleth*. (Carrión Álvarez y Ehnts, 2016, p. 1)

Los autores destacan que las críticas de Davidson al enfoque neoclásico sobre las expectativas son correctas, pero que la inclusión del concepto de ergodicidad lleva la discusión lejos de los temas prácticos hacia un área poco confortable para la mayoría de los economistas (Carrión Álvarez y Ehnts, 2016, pp. 9-10). Para discutir si el futuro puede o no ser predicho con base en el pasado se propone encontrar el vocabulario adecuado para la discusión, no sin antes citar que de acuerdo con estos mismos investigadores “Cabe señalar que no es la posición neoclásica la que responde afirmativamente y que no es la posición poskeynesiana la que responde negativamente” (p. 10).

Carrión Álvarez y Ehnts también proponen usar el término “estocástico” para aquellas variables aleatorias que poseen una “probabilidad definida” pero, como se ha visto, existe una distribución de probabilidad e incluso estimable a partir de un gran número de observaciones, esto no significa que sea útil para la toma de decisiones de los agentes. Por último, con estos autores puede haber incertidumbre en sistemas determinísticos, por la ultra sensibilidad a las condiciones iniciales, que no conocemos con precisión. Es decir, la incertidumbre no está presente solamente en sistemas aleatorios.

El mal uso del concepto de ergodicidad aún florece. El matemático Ole Peters argumentó que “que al abordar cuidadosamente la cuestión de la ergodicidad, muchos rompecabezas que acosan el formalismo económico actual se resuelven de una manera natural y empíricamente comprobable” (2019, p. 1216). Peters escribió una serie de artículos (Peters y Gell-Mann, 2016; Peters y Adamou, 2021) relacionados con este tema, el coautor del primero es Murray Gell-Mann, uno de los físicos más

destacados de nuestro tiempo y cofundador de Santa Fe Insitute, en este se propone una reversión a la perspectiva que usualmente toman los científicos sociales: estos partirían de las preferencias de los individuos, representadas en una función de utilidad que puede depender del consumo, nivel o variación de la riqueza del agente, equidad en la distribución de la riqueza de su entorno, etc., la misma que tratarían de maximizar para un período determinado (como la adición de utilidades temporales descontadas a valor presente) tomando decisiones que pueden ir desde el consumo, la inversión, votaciones, formación de coaliciones, etc.

Por otro lado, Peters y Adamou (2021) se centraron en un solo posible argumento de la función de utilidad, la riqueza, cuya evolución puede seguir una ley probabilística (un movimiento browniano con deriva, por ejemplo) que determinará la función de utilidad que maximizará el agente. Es decir, en la visión de estos autores, las características aleatorias de la variable riqueza son las que define una serie temporal ergódica (generalmente su tasa de crecimiento), que define a su vez la función de utilidad del individuo. Sin embargo, desde esta propuesta, no hay información para cuando el agente considera –tal vez adicionalmente– otras variables como determinantes de su utilidad, o cuando hay más variables aleatorias que considerar para tomar una decisión y no solo la riqueza. Finalmente, como ya se ha argumentado, que una serie sea ergódica y que sus parámetros de interés sean calculables teóricamente no significa que se pueda hacer desde el punto de vista humano. Esta revisión concluirá con la propuesta de Doctor *et al.* “Concluimos con un llamado a los físicos para que piensen cuidadosamente sobre el comportamiento humano para ayudar a mejorar la economía” (2020, p. 1168).

RETOMANDO LA INCERTIDUMBRE KEYNESIANA

En esta sección se explica la necesidad y viabilidad empírica de entender la formación de expectativas como un proceso social y los avances que, en esa línea, desde la perspectiva de la complejidad, podrían permitir retomar la línea de investigación propuesta por Knight y Keynes.

La afirmación de Acemoglu y Ozdaglar fue contundente: “El aprendizaje es social porque cualquier individuo observa el comportamiento de o recibe información a través de la comunicación con un pequeño subconjunto de la sociedad, a quienes podríamos referirnos como su red social” (2011, p. 4). Esto, en esencia significa abandonar la concepción del individuo como un agente de ilimitados poderes de adquisición y procesamiento de información. Y en su lugar, entenderlo más bien como una combinación entre esfuerzos orientados a la toma de decisiones informadas (agentes racionales neoclásicos) y mecanismos heurísticos donde pesa mucho la opinión del entorno: “mientras nuestro cerebro nos permite entender muchas cosas por cuenta propia, somos criaturas inherentemente sociales. Mucho de lo que sabemos y creemos lo hemos aprendido de otros” (Smaldino, 2023, p. 117).

Es importante notar el carácter dinámico y endógeno de las redes sociales, ya que si bien como afirman Dalege y van der Does “las creencias individuales son modeladas por sus redes sociales” (2021, p. 3) es también cierto que “la similaridad fomenta la conexión” (McPherson y Smith-Lovin, 2001, p. 415), lo cual quiere decir que la causalidad va en ambas direcciones y que la red también se forma y modifica dependiendo de las creencias y opiniones que los agentes tienen en un momento determinado.

La ubicuidad de las redes sociales ha actuado como un catalizador en la emergencia de una nueva área de investigación: la teoría de redes, hacia donde han concurrido diversas disciplinas, desde las matemáticas hasta la sociología, pasando por la teoría de la computación. Esta teoría ha generado un profundo impacto económico y científico, que incluye la organización de la información de internet y su búsqueda eficiente; el análisis de y la batalla contra las epidemias; el mapeo del cerebro humano; el diseño de nuevas drogas y un largo etcétera, que ha sido posible fundamentalmente por dos hechos. En primer lugar, la definición de red (un conjunto de nodos con conexiones entre sí) es tan general que permite que muchos entes puedan ser considerados un nodo y una conexión: los directorios de una empresa, que estarían conectados cuando comparten al menos uno de sus miembros; dos neuronas están conectadas por sus axones y dendritas; una página web direccionando a otra; dos personas que mantuvieron contacto sexual, etc.

Este enfoque, en poderosa combinación con las grandes bases de datos provenientes de la interacción humana en las redes sociales virtuales, ya es objeto de estudios empíricos. Por ejemplo, Steinert-Threlkeld (2017) analizó el rol de las redes sociales en la Primavera Árabe, mientras Matuszewski y Szabó (2023) estudiaron el papel de la red Twitter en la difusión de información política. También se avanza en el desarrollo de modelos teóricos que permitan entender cómo circula la información en la sociedad y cómo esta interactúa con las creencias y decisiones individuales. Es posible exponer estos avances partiendo de las siguientes preguntas:

¿Por qué las personas cambian rápidamente algunas creencias a la luz de nueva información mientras se resisten ferozmente a cambiar otras creencias? ¿Por qué algunas creencias se propagan más rápido que otras? ¿Por qué las sociedades a veces llegan a un consenso sobre un tema y otras veces se dividen en grupos con creencias muy diferentes? (Galesic *et al.*, 2021, p. 1)

Con el objeto orientar la investigación en esta área y facilitar la formulación de predicciones testeables empírica y experimentalmente, Galesic *et al.* (2021) propusieron una estructura general de modelo que incorpora el flujo de información en la red, los procesos cognitivos de los individuos y la dinámica de la red. En este modelo general, la red social está constituida por individuos con sus respectivas creencias y conexiones, mientras que el individuo tiene una colección de creencias relacionadas entre sí que también constituyen una red, en este caso interna al agente. Cuando el individuo está considerando una creencia en particular

(denominada creencia focal) forma una representación cognitiva de lo que sus contactos relevantes en la red social creen sobre ese tema², y también una representación cognitiva de sus propias creencias relacionadas con esa creencia focal.

Esta representación cognitiva de su entorno social puede ser, por ejemplo, un promedio (ponderado o no) de las opiniones de su entorno. Entonces, puede producirse una disonancia entre su creencia focal y una (o ambas) estructuras cognitivas, lo que, a su vez, puede originar un cambio en la creencia focal o un cambio en las estructuras cognitivas. Por ejemplo, el individuo puede detectar una disonancia entre su creencia sobre la legitimidad de la represión policial a las protestas sociales, y la creencia que sobre este tema tienen en su entorno social, por lo que podría ajustar su creencia focal a su entorno social o cambiar su entorno social cambiando sus conexiones en la red. En cualquiera de los dos casos, su acción cambia el ambiente social de creencias relevantes para quienes constituyen su entorno, generándose una dinámica tanto en la red como en las creencias sociales e individuales.

La propuesta de Galesic *et al.* (2021) está basada en los aportes de otras ciencias que abordan el tema de las creencias, por lo que constituye un aporte unificador muy importante. Sin embargo, los mismos autores señalan que la evidencia empírica para testear y calibrar este tipo de modelos es aún muy escasa:

Hay sustancialmente menos investigación sobre estas estrategias de actualización de redes que sobre estrategias de actualización de creencias, en particular cuando se trata de actualizar los vínculos entre las propias creencias. Los modelos de dinámica de creencias con un componente de actualización de redes sociales comenzaron a ocurrir hace relativamente poco tiempo, basándose parcialmente en la literatura que estudia los juegos de comportamiento en redes adaptativas. (2021, p. 6)

El tema de la transmisión de información en las redes sociales y el efecto que esta, junto con la provista por los medios de comunicación masiva, tiene sobre las decisiones de los individuos, recién empieza a ser objeto de investigación. Este estudio se verá facilitado ahora por la disponibilidad de datos que acumulan las redes sociales y por el gigantesco rastro digital que dejan nuestras actividades diarias, así como por el poder de computación en nuestras manos. Sin embargo, la explotación de estos datos está, por el momento, orientada a la disputa por la atención de los consumidores y a su comercialización y no aborda aún preguntas sobre el comportamiento sistémico de los grupos humanos.

CONCLUSIONES

En el presente artículo se ha demostrado, utilizando definiciones matemáticas de ergodicidad, que no tiene sentido identificar incertidumbre con no ergodicidad,

² Un nodo relevante para el agente puede ser un medio de comunicación masiva o un *influencer* o un amigo cercano que gozan de la credibilidad del agente.

ni la posibilidad de aplicar el enfoque de riesgo en la toma de decisiones con la ergodicidad. Insistir en esa identificación impidió que la economía heterodoxa desarrollara con más fuerza las propuestas Keynesianas sobre incertidumbre. También se argumentó sobre la importancia de que los mecanismos de decisión (que se les atribuye a los agentes) tomen en cuenta las limitaciones humanas tanto de tiempo como de capacidad de adquisición y procesamiento de la información.

Finalmente, se debe enfatizar el carácter social de la formación de expectativas, considerándolas parte de las opiniones individuales que se definen como resultado tanto de las experiencias y el razonamiento individual, como del entorno colectivo del agente. En efecto, si las preferencias tienen mucho de endógeno y dependen del entorno social, los otros dos elementos cruciales para la toma de decisiones individuales –las creencias y la información– también tienen un origen social, ya que los individuos no reciben únicamente información pública y uniforme ni la procesan tan solo de manera individual.

Por otro lado, la transmisión de información en las redes sociales y el efecto que esta, junto con la provista por los medios de comunicación masiva, tiene sobre las expectativas de los individuos, recién empieza a ser objeto de investigación. Este estudio se verá facilitado por la gran disponibilidad de datos que acumulan las redes sociales y por el gigantesco rastro digital de nuestras actividades diarias, así como por el poder de computación en nuestras manos.

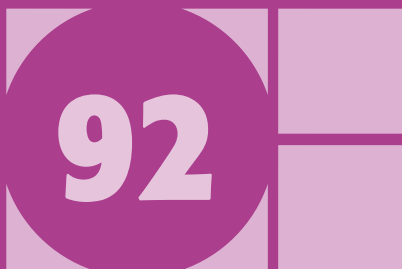
El estudio de la realidad social de las expectativas se deberá hacer desde la perspectiva de la complejidad, y así se retomará el análisis de las decisiones humanas como un fenómeno social y se continuará en la línea de investigación propuesta por Knight y Keynes.

REFERENCIAS

1. Acemoglu, D., & Ozdaglar A. (2011). Opinion dynamics and learning in social networks. *Dynamic Games and Applications*, 1, 3-49.
2. Acemoglu, D., & Fagnani, F. (2013). Opinion fluctuations and disagreement in social networks. *Mathematics of Operations Research*, 38(1), 1-27.
3. Borovkov, A. (1994). *Ergodicity and stability of stochastic processes*. Wiley Series in Probability and Statistics.
4. Carrión Álvarez, M., & Ehnts, D. (2016). Samuelson and Davidson on ergodicity: A reformulation. *Journal of Post Keynesian Economics*, 39(1), 1-16.
5. Coibion, O., Gorodnichenko, Y., & Kamdar, R. (2018). The formation of expectations, inflation, and the Phillips curve. *Journal of Economic Literature*, 56, 1447-1491. <https://doi.org/10.1257/jel.20171300>
6. Dalege, J., y van der Does, T. (2021). *Changing beliefs about scientific issues: The role of moral and social belief network*. <https://arxiv.org/abs/2102.10751>

7. Davidson, P. (1982). Rational expectations: A Fallacious Foundation for Studying Crucial Decision-Making Processes. *Journal of Post Keynesian Economics*, 5(2), 182-198.
8. Davidson, P. (2007a). *John Maynard Keynes*. Palgrave Macmillan.
9. Davidson, P. (2007b). *Interpreting Keynes for the 21st Century*. Palgrave Macmillan.
10. de Miguel, V., Garlappi, L., & Uppal, R. (2007). Optimal versus naive diversification: How inefficient is the 1/N Portfolio Strategy? *Review of Financial Studies*, 22(5), 1915-1953.
11. Doctor, J. N., Wakker, P., & Wang, T. (2020). Economists' views on the ergodicity problem. *Nature Physics*, 16(12), 1168.
12. Dow, S. C. (2005). Axioms and Babylonian thought: A reply. *Journal of Post Keynesian Economics*, 27(3), 385-91.
13. Evans, G. W., & Honkapohja, S. (2001). Learning and expectations in macroeconomics.
14. Galesic, M., Olsson, H., Dalege, J., Van Der Does, T., & Stein, D. (2021). Integrating social and cognitive aspects of belief dynamics: Towards a unifying framework. *Journal of the Royal Society Interface*, 18(176), 1-13.
15. Hamilton, J. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press.
16. Hassler, U. (2017). Ergodic for the mean, *Economics Letters*, 151, 75- 78. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2016.12.013>
17. Hommes, C. (2021). Behavioral and experimental macroeconomics and policy analysis: A complex systems approach. *Journal of Economic Literature*, 59(1), 149-219. <https://doi.org/10.1257/jel.20191434>
18. Keynes, J. M. (1937). The general theory of employment. *Quarterly Journal of Economics*, 51(2), 209-23.
19. Lavoie, M. (2014). *Post-Keynesian economics: New foundations*. Edward Elgar.
20. Matuszewski, P., & Szabó, G. (2023). The role of hyperactive Twitter accounts in the diffusion of political information. *Policy Studies*, 1-26.
21. McPherson, M., Smith-Lovin, L., & Cook, J. M. (2001). Birds of a feather: homophily in social networks. *Annual Review of Sociology*, 27, 415-444.
22. Norris, J.R., & Chains, M. (1997). *Cambridge series in statistical & probabilistic mathematics*. Cambridge University Press.
23. Peters, O., & Gell-Mann, M. (2016). Evaluating gambles using dynamics. *Chaos*, 26 (2), 1-9.
24. Peters, O. (2019). The ergodicity problem in economics. *Nature Physics*, 15(12), 1216-1221.
25. Peters, O., & Adamou, A. (2021). *The time interpretation of expected utility theory*. <http://arxiv.org/abs/1801.03680>

26. Ravazzi, C., Frasca, P., Tempo, R., & Ishii, H. (2015). Ergodic randomized algorithms and dynamics over networks. *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, 2(1), 78-87.
27. Rizvi, S. A. T. (2006). The Sonnenschein-Mantel-Debreu results after thirty years. *History of Political Economy*, 38(Suppl 1), 228-245. <https://doi.org/10.1215/00182702-2005-024>
28. Romer, D. (2019). *Advanced macroeconomics* (5th ed.). McGraw Hill.
29. Ross, S. y Peko, E. (2007). *A second course in probability*. Probability Book Store.
30. Shiller, R. J. (2020). Expectations. In *The new Palgrave dictionary of economics* (pp. 1-11). <https://doi.org/10.1057/978-1-349-95121-5>
31. Sijtsema, J. J., & Lindenberg, S. M. (2018). Peer influence in the development of adolescent antisocial behavior: Advances from dynamic social network studies. *Developmental Review*, 50, 140-154.
32. Smaldino, P. E. (2023). *Modeling Social behavior*. Princeton University Press.
33. Steinert-Threlkeld, Z. (2017). Spontaneous collective action: Peripheral mobilization during the Arab Spring. *American Political Science Review*, 111, 379-403.
34. Zhang, B., Pavlou, P. A., & Krishnan, R. (2018). On direct vs. indirect peer influence in large social networks. *Information Systems Research*, 29(2), 292-314.



CUADERNOS DE ECONOMÍA

ISSN 0121-4772

ARTÍCULOS

- WILLMER GUEVARA-RAMÍREZ, TAMARA GONZÁLEZ-SOTELLA, CONSTANZA LAGUNAS-ALVARADO,
JOSÉ RADMAN-VARGAS Y AITOR RUIZ-DE-LA-TORRE-ACHA
Análisis de la competitividad de Chile en el mercado mundial del litio 383
- RAFAEL SALVADOR ESPINOSA RAMIREZ
Kidnapping and investment: A theoretical model 413
- MARÍA PAULA BONEL
Combination of theoretical models for exchange rate forecasting 437
- DIANA LIZETTE BECERRA PEÑA
Logros educativos y TIC: análisis comparativo de la productividad latinoamericana 469
- RAFAEL MAC-QUHAE Y HERMES A. PÉREZ F.
Causas de la cesación de pagos de la deuda soberana de Venezuela 491
- JOSÉ CARLOS TREJO GARCÍA, HUMBERTO RÍOS BOLÍVAR Y MARÍA DE LOURDES SOTO ROSALES
Traspaso del tipo de cambio real y el índice de confianza al consumo en la inflación de México. Un modelo de análisis de cointegración con pruebas de límites ARDL 521
- WILSON PÉREZ-OVIEDO
Expectativas racionales, ergodicidad y expectativas sociales 545
- IVÁN GONZALEZ
El peso de las externalidades en la ubicación espacial de la economía 565
- MARÍA PAZ HERNÁNDEZ Y NORMA PATRICIA CARO
Principales factores de la inclusión financiera en países de América del Sur 589
- HÉCTOR FLORES MÁRQUEZ Y OMAR NEME CASTILLO
Corrupción y desigualdad de ingresos en México: análisis a nivel entidad federativa 609
- JOHN CAJAS GUIJARRO
Deuda, poder y ciclos: un modelo Norte-Sur de deuda y distribución (NSDD) 639
- CRISTIAN COLTHER
El ciclo económico de Chile: análisis del período 1810-2000 675
- FREDDY DE JESÚS BATISTA GARCÍA, EDITH JOHANA MEDINA HERNÁNDEZ Y JORGE LUIS MUÑOZ OLITE
Asociación multidimensional entre el progreso social de las juventudes y las instituciones económicas inclusivas 705

ISSN 0121-4772



9 770121 477005 9 2