

**DISCUSIÓN EPISTEMOLÓGICA SOBRE LOS MODELOS
ECONÓMICOS DE EQUILIBRIO GENERAL Y AGENTES
HETEROGÉNEOS**

**EPISTEMOLOGICAL DISCUSSION ON ECONOMIC MODELS
OF GENERAL EQUILIBRIUM AND HETEROGENIC AGENTS**

**DISCUSSÃO EPISTEMOLÓGICA SOBRE MODELOS
ECONÔMICOS DE EQUILÍBRIO GERAL E AGENTES
HETEROGÊNICOS**

Enrique Agapito Barrientos Apumayta*

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
enrique.barrientos@unmsm.edu.pe

ORCID: 0000-0001-5668-602

Recibido: 27/09/21

Aprobado: 11/11/21

* Economista por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2012). El 2020 empezó sus estudios de maestría en filosofía con mención en Epistemología en la misma casa de estudios. En el 2012 estudió matemáticas avanzadas en el Instituto de Matemática, Ciencias y Afines (IMCA-UNI). Los campos de investigación de su interés son la epistemología de las ciencias sociales y naturales, la lógica difusa, la teoría económica y la matemática. El presente artículo es un resumen del proyecto de tesis titulado *El modelo económico de equilibrio general dinámico y estocástico: Una crítica desde la epistemología*, para la maestría en filosofía con mención en epistemología.

Resumen

Este artículo presenta un estudio epistemológico de los fenómenos económicos basados en los modelos EGDE (Equilibrio General Dinámico y Estocástico) y la NEC (Nueva Economía Clásica). También destaca el impacto y la crítica a los presupuestos teóricos de la predicción en los modelos EGDE, además de sus alcances y límites en materia de política económica realizada por los bancos centrales. Discutimos problemas epistemológicos de los modelos EGDE. Mostramos críticamente los modelos RANK (Modelos de Agentes Representativos Neokeynesianos), HANK (Modelos de Agentes Heterogéneos Neokeynesianos) y TANK (Modelos con Dos Agentes Neokeynesianos), como posibles alternativas para la aplicación en temas macroeconómicos. Nuestro principal análisis está basado en los modelos HANK, como posible herramienta cuantitativa de los MBA (Modelos Basados en Agentes). Así, pretendemos enfatizar la tarea de nuestra crítica para abrir el campo de análisis a los sistemas complejos en ciencias sociales y otros debates epistémicos.

Palabras clave: EGDE, Predicción, HANK, MBA, Sistemas complejos.

Abstract

This article presents an epistemological study of economic phenomena based on the EGDE (General Dynamic and Stochastic Equilibrium) and the NEC (New Classical Economics) models. It also highlights the impact and criticism of the theoretical assumptions of the prediction in the EGDE models, in addition to its scope and limits in terms of economic policy carried out by central banks. We discuss epistemological problems of EGDE models. We critically show the RANK (Models of Neo-Keynesian Representative Agents), HANK (Models of Heterogeneous Neo-Keynesian Agents) and TANK (Models with Two New Keynesian Agents), as possible alternatives for application in macroeconomic issues. Our main analysis is based on the HANK models, as a possible quantitative tool for the MBA (Agent Based Models). Thus, we intend to emphasize the task of our critique to open the field of analysis to complex systems in social sciences and other epistemic debates.

Keywords: EGDE, Prediction, HANK, MBA, Complex systems

Resumo

Este artigo apresenta um estudo epistemológico dos fenômenos econômicos baseado nos modelos EGDE (Equilíbrio Geral Dinâmico e Estocástico) e NEC (Nova Economia Clássica). Também destaca o impacto e a crítica dos pressupostos teóricos da previsão nos modelos EGDE,

bem como do seu alcance e limites ao nível da política económica levada a cabo pelos bancos centrais. Discutimos problemas epistemológicos dos modelos EGDE. Apresentamos criticamente os RANK (Modelos de Agentes Representativos Neo-Keynesianos), HANK (Modelos de Agentes Neo-Keynesianos Heterogêneos) e TANK (Modelos com Dois Novos Agentes Keynesianos), como possíveis alternativas de aplicação em questões macroeconômicas. Nossa principal análise é baseada nos modelos HANK, como uma possível ferramenta quantitativa para o MBA (Modelos baseados em agente). Assim, pretendemos enfatizar a tarefa de nossa crítica de abrir o campo de análise para sistemas complexos nas ciências sociais e outros debates epistêmicos.

Palavras-chaves: EDGE, Predição, HANK, MBA, Sistemas Complexos.

1. Introducción

El estudio epistemológico de las ciencias naturales comienza con el Círculo de Viena y aplicado de manera semejante a las ciencias sociales, inicialmente por Popper. Luego, los estudiosos de Kuhn aplicaron sus presupuestos a la economía, pero nos damos con la sorpresa de que no existen “matrices disciplinares” en esta ciencia.

Uno de los problemas de las ciencias naturales y sociales, principalmente de la economía, es la predicción, que es una condición necesaria, pero no suficiente, para la explicación final de los resultados que existen en la “realidad” económica. Es importante que los aspectos empíricos y abstractos tengan el mismo peso o rango dentro de los modelos económicos. Es decir, que los modelos partan de la minería de datos y se creen algoritmos de conducta de cada evento o fenómeno y esto pueda generalizarse en un modelo teórico y abstracto de la realidad, pero lo más importante es que, antes de observar los datos, tengamos las teorías o el arte de crear modelos que puedan corresponderse con la realidad, incluyendo abstracciones que provengan de otras ciencias. Por ejemplo, en matemáticas, lo propuesto por Roger Penrose —con el famoso “triángulo de Penrose”—, que son generadas con las geometrías imposibles del artista plástico E. C. Escher.

Tomando en cuenta la predicción como una de las condiciones necesarias, pero no siempre suficientes para las ciencias sociales, considero que debe haber un viraje en la metodología de la economía hacia los HANK. Este modelo nos aproxima de manera importante al análisis cuantitativo de los MBA con resultados importantes en la economía; como por ejemplo la heterogeneidad en los ingresos del consumidor y los modelos de mercados incompletos. Por otro lado, aproximarnos más a la realidad tiene sus costos. Lo que ganábamos en simplicidad lo perdíamos en replicar mejor la realidad. Ahora estamos en el dilema de mayor complejidad, pero con mejor replicación de la realidad. Aquí intervienen dos factores importantes: a) problemas computacionales, y b) los métodos numéricos para resolver los problemas complejos. En la actualidad, existen avances muy importantes en ambos casos (*Mean Field Games* propuesto por Yves Achdou, Pierre Cardaliaguet, François Delarue, Alessio Porretta Filippo Santambrogio en el año 2019). Pero todavía está en proceso para lograr el objetivo final, que es utilizar los MBA en las ciencias sociales, principalmente, en la economía.

2. Problemas epistemológicos y metodológicos en economía

Lakatos trató de dar una explicación epistemológica para la economía, pero antes de dar su conferencia en Napflion, falleció, y sus escritos sobre economía solo son conocidos gracias a Spiro Latsis. Desde el campo económico, Blaug toma las ideas de Latsis, considerándose en varios puntos lakatosiano; pero tampoco convencieron sus análisis epistemológicos. Según Dimitrakos (2011, p. 456, citado en Dimitrakos, 2020, p. 29), “la reconstrucción racional lakatosiana fue uno de los primeros (...) intentos de formar una versión del llamado ‘modelo de confrontación’. El modelo de confrontación (...) significa combinar y, en particular, confrontar marcos filosóficos generales con datos históricos”. Entonces, tomar las teorías científicas como modelos en las ciencias sociales es un despropósito, porque estas, al

ser corroboradas empíricamente, no resuelven el problema. En la actualidad, según García-Bermejo, se estudia la *opción abarcante* y la *perspectiva restringida*:

En la primera opción los problemas de una disciplina científica concreta convergen con las cuestiones de la ciencia en general (...) En cambio, en la segunda perspectiva, la atención a los problemas conceptuales y empíricos de las distintas ciencias se circunscribe al territorio de cada disciplina en cuestión. (García-Bermejo, 2012, p. 328)

Nuestro estudio está basado en la *opción abarcante*. No obstante, los lakatosianos como Robert Lucas y Tomas Sargent, influyeron en la Nueva Economía Clásica (NEC) y plantearon la microfundamentación de la macroeconomía como posición epistemológica. Con el comportamiento de los individuos basados en expectativas racionales podríamos generalizar las políticas económicas de los gobiernos y tener el bienestar total de la economía que es el objetivo principal de Macroeconomía actual. Por lo tanto, podemos tener un modelo de sistema dinámico de equilibrio general. Estas corrientes epistemológicas mencionadas han tenido fuertes críticas en su aplicación a la economía, por ello, consideramos que la teoría de los sistemas complejos resolvería, en parte, los problemas antes planteados.

El economista Robert Lucas presenta una metodología general para explicar los fenómenos económicos en competencia perfecta. Se establece la micro fundamentación de la macroeconomía, la aplicación de las expectativas racionales y la optimización dinámica de todos los agentes de la economía. Además, aplica nuevas herramientas teóricas y técnicas al modelo de equilibrio general. Los iniciadores de los modelos RBC, Kydland y Prescott, aplicaron los métodos dinámicos en macroeconomía. Las herramientas matemáticas fueron análisis funcional, teoría de la medida y nuevos métodos numéricos para resolver sistemas dinámicos en tiempo discreto y continuo. También introdujeron el cálculo estocástico en la función de producción,

considerando que el shock de productividad es un factor importante para el crecimiento económico. Se concluye que estos modelos usan una fuerte instrumentalización matemática para generalizar el comportamiento económico.

3. La crítica de Lucas y su impacto en la metodología de las escuelas económicas

Janssen, en su artículo *Microfoundations*, considera que

las contribuciones más recientes en el área de la economía del comportamiento y los modelos evolutivos con individuos que aprenden (de forma adaptativa) comienzan a explorar las implicaciones de diferentes supuestos de comportamiento a nivel individual y a considerar las implicaciones macro. Estos modelos tienen el potencial de analizar cómo los macro fenómenos pueden surgir de la interacción entre un conjunto heterogéneo de individuos. De ese modo, pueden proporcionar a la teoría económica un fundamento empírico más plausible, mientras se adhieren a los requisitos del individualismo metodológico. (Janssen, 2006, pp. 8-9)

De lo propuesto arriba por Janssen, podemos colegir lo siguiente: a) Realizar modelos con un agente representativo es un error metodológico, b) Los individuos se adaptan y aprenden en el tiempo, según los modelos evolutivos, c) Los cambios en el tiempo de los individuos pueden explicar con mayor eficiencia los fenómenos macroeconómicos, d) La heterogeneidad de los individuos puede proporcionar un fundamento empírico “robusto” a la macroeconomía.

Las expectativas racionales asumen que utilizan toda la información disponible para tomar decisiones. De esta manera, se eliminan los errores sistemáticos $E_t[\pi_{t+1}^e | \Omega_t]$, donde: Ω_t es el conjunto de información disponible en el periodo t . Dichas expectativas fueron creación del matemático Muth, aunque Lucas lo aplicó a la macroeconomía. No solo un agente forma expectativas racionales, sino que los demás agentes también lo hacen.

Las teorías de Muth y Lucas, engendraron nuevas corrientes de pensamiento macroeconómico. Por esa razón

A inicios de la década de los 80 surgió una vertiente de la NEC llamada modelos de Ciclos Económicos Reales (RBC). A diferencia de la NEC, quienes consideraban que el principal impulso de los ciclos económicos era un *shock nominal* (*monetario*), la escuela RBC consideraba que el principal impulso debía ser un *shock real*... A mediados de los 90 surge un consenso entre los modelos RBC y los modelos NEK. A este consenso se le conoce como la Nueva Síntesis Neoclásica (NSN) (Goodfriend y King, 1997) ... la NSN está basada, por un lado, en los modelos RBC al incorporar optimización intertemporal y expectativas racionales ...; por otro lado, la NSN toma elementos de la NEK tales como competencia monopolística y ajuste costoso de precios (rigidez de precios). (Galindo & Montesinos, 2018, pp. 33-34)

Por lo tanto, todas estas escuelas, para resolver problemas de política económica, toman como modelo al EGDE. Una de las críticas fundamentales es considerar que los agentes son representativos; es decir, tanto los consumidores como productores se comportan de manera homogénea. En las secciones posteriores trataremos los modelos HANK, que sería una posible solución a esta crítica fundamental que siempre han tenido que “cargar” los modelos EGDE.

4. El modelo EGDE como base para la escuela de la NSN

Kocherlakota, en su artículo *Modern Macroeconomic Models as Tools for Economic Policy*, afirma que

a menudo se denomina macromodelos de equilibrio general dinámico estocástico (EGDE). Dinámico se refiere al comportamiento prospectivo de hogares y empresas. Estocástico se refiere a la inclusión de shocks. General se refiere a la inclusión de toda la economía. Finalmente, el

equilibrio se refiere a la inclusión de restricciones y objetivos explícitos para los hogares y las empresas. (Kocherlakota, 2010, pp. 9-10)

Los modelos EGDE están compuestos por tres condiciones: a) el equilibrio del mercado de bienes, en función de la brecha de producción esperada. b) la evolución de los precios agregados, en función de la inflación esperada. c) la tasa de interés nominal fijada por el banco central. Además, son un marco convincente para la investigación macroeconómica, principalmente, para los bancos centrales de muchos países del mundo. Según Sergi, en su artículo *The Standard Narrative on History of Macroeconomics: Central Banks and DSGE Models* considera que

en los últimos 60 años: Quiere decir que los bancos centrales y sus hacedores de política son los que construyen de algún modo gran parte de la teoría y aplicaciones en solucionar los fenómenos económicos como los ciclos económicos, política monetaria, crecimiento y desarrollo económico. Lo importante es entender el significado de “estándar” que es una narrativa generalizada de los modeladores que usan el EGDE que abarcan diferentes artículos, libros de texto e informes técnicos. También dicha narrativa genera “progreso científico”. Por último, una herramienta para la estandarización del campo, legitimando los modelos EGDE actuales. Los modelos EGDE son como una “caja de herramientas” en la que puedes incluir nuevas variables según el caso que se quiera analizar. (Sergi, 2017, p. 2)

Podemos concluir que cada trabajo realizado por los hacedores de política de los bancos centrales, siempre incluye nuevas variables para poder replicar con mejor aproximación los fenómenos macroeconómicos. Los modelos EGDE abarcan modelos RBC, modelos de la NEK, modelos Nueva Síntesis Neoclásica (NSN), y a partir de la crisis económica en EE.UU. del 2008, se están desarrollando los modelos RBC y NEK con fricciones financieras. Nuestro principal interés es saber cómo

influyen los modelos EGDE en la escuela de la Nueva Síntesis Neoclásica (NSN).

5. La metodología de los sistemas complejos en economía

Introducimos en economía por primera vez el concepto de la constante de Feigenbaum, que son dos números reales descubiertos por el matemático Mitchell Feigenbaum en 1975. Ambos expresan cocientes que aparecen en los diagramas de bifurcación de la teoría del caos. Se sigue de los sistemas dinámicos discretos no-lineales la siguiente ecuación logística: $x_{t+1} = rx_t(1 - x_t)$. Esta es una ecuación diferencial discreta no lineal que puede generalizarse para cualquier función como $x_{t+1} = f(x_t)$ y en términos estocásticos sería $x_{t+1} = f(x_t) + \epsilon_t$. La variable ϵ_t , que es el error aleatorio, puede seguir un i.i.d., un proceso estocástico martingala, Wiener, Levi o el movimiento browniano. Consideramos que las críticas de la Escuela austriaca se refieren a la linealidad de los modelos matemáticos o linealizar mediante logaritmos y otros, los modelos económicos. En esta propuesta, se sugiere la no linealidad de los sistemas dinámicos con la teoría del caos.

¿Tendría aplicación práctica en la economía? Sí. Las sociedades, a lo largo del tiempo, entran en estados estables por uno, dos o tres periodos y luego, se genera el caos. En dicha situación, bajo ciertas condiciones, podríamos modificar los parámetros y volverlo a estabilizar, considerando que no se podría concluir aún que esta sería la solución definitiva para cualquier fenómeno social o biológico que evolucione en el tiempo; pero con esto estaríamos dando un paso adelante tratando de superar lo que Popper, en su obra *La miseria del historicismo*, nos quería mostrar: “No podemos predecir, por métodos racionales o científicos, el crecimiento futuro de nuestros conocimientos científicos” (Popper, 2006, p. 12). Luego, Popper considera que:

Por otra parte, puede haber tendencias que sean de carácter «dinámico»; por ejemplo, el aumento de población. Puede, por tanto, sospecharse que Mill pensaba en estas tendencias cuando hablaba de «leyes de sucesión». Y esta sospecha queda confirmada por Mill mismo cuando describe su ley histórica de progreso como una propensión. (Popper, 2006, p. 135)

Es por estas presunciones que consideramos viable proponer en economía una metodología desde el punto de vista de los sistemas complejos.

6. Los modelos EGDE y los problemas de la predicción

El principal problema de la economía es su relación entre teoría abstracta y observación empírica, en un contexto en el que los científicos en economía crean un modelo estrictamente abstracto, como la teoría del equilibrio general¹; y este modelo tiene que replicar los fenómenos de la realidad económica. Muchas veces tienen que adaptarse a los supuestos básicos como estabilidad, unicidad y existencia. La cuestión es que surgen dos problemas fundamentales; a) ¿Los seres humanos son cambiantes en el tiempo? Sí... Toman decisiones de acuerdo a un contexto determinado; entonces los modelos abstractos no toman en cuenta dichos cambios, porque están basados en la epistemología de las ciencias naturales, principalmente, de la física. b) ¿Cómo se puede modelar dichos cambios? Una de las posibles soluciones sería tomar datos y observaciones como series de tiempo, *panel data*, minería de datos, entre otros. Pero resulta que no es suficiente al momento de predecir fenómenos económicos, como ocurrió con la crisis del 2008 en EE.UU. La econometría —que es la conjunción de la teoría económica, la estadística y la matemática— sufrió fuertes críticas por los años ochenta con la obra *A history of econometrics* de Epstein. Luego, se introducen los modelos abstractos bayesianos para tratar de ampliar más el análisis en las predicciones de los fenómenos económicos. Pero los resultados fueron adversos en varios campos de la econometría.

Una posible solución sería la Econofísica, que es el estudio de la teoría y métodos de la física aplicados a fenómenos económicos utilizando procesos estocásticos, dinámicas no lineales y sistemas complejos. Pero su principal problema es que su ontología son los fenómenos físicos que ocurren en la naturaleza y tienen serias deficiencias al momento de aplicarlos al comportamiento humano y la toma de decisiones. Si consideramos que los seres humanos somos como partículas atómicas que al interactuar en promedio tienden al equilibrio o tienden a un estado de equilibrio, sería un problema seguir modelando fenómenos económicos bajo dichos presupuestos. Por otro lado, una cuestión es su comportamiento individual y otra es su comportamiento en grupo. No obstante, se podría dar una posible solución aplicando teoría del caos y cómo controlarlos cuando sus estados de estabilidad cambian por ciclos o periodos.

Considero que una posible solución al problema planteado sería un modelo basado en agentes (MBA), pero en el sentido siguiente: crear algoritmos de comportamiento individual por persona con sistemas computacionales para determinados grupos sociales y económicos (estratos sociales) y luego verificar sus patrones de conducta bajo ciertos algoritmos. Luego modelarlos con una “Generación de algoritmos que obtienen clústeres de segmentos de trayectorias de manera dinámica (...) una vez obtenidos (...) es posible actualizar la generación de estos clústeres si nuevas trayectorias son adheridas al procesamiento, y (...) no es necesario procesar todo” (Cabrera, 2016, p. 10). Cuando se desarrolle más la ciencia, utilizaremos los *biopatrones* que se retroalimentarán cada instante de tiempo y con ello se harán pronósticos económicos más eficientes. ¿Cómo realizaríamos dichos *biopatrones* aplicados a las ciencias sociales? Inicialmente, se proponen la teoría del caos y los sistemas de control para volverlos a su estado de singularidad. Lo otro sería aplicar la geometría algebraica propuesta por Oscar Zariski y la uniformización local, para lo cual tomamos el concepto de *valorización*, que es una manera general de resolver problemas

asintóticamente. Hironaka (1964) prueba el *teorema de resolución de singularidades de variedades algebraicas* (una generalización del concepto de superficie de Zariski) *en característica cero*. Además, el lenguaje de esquemas permite estructurar una inducción en un espacio determinado. Abhyankar (1969) propone la teoría de las ramificaciones, donde una singularidad puede tener una valoración. Estos son algunos alcances de la geometría algebraica para crear algoritmos basados en agentes. Pues, las singularidades serían los puntos fijos que necesitamos con múltiples equilibrios en la interacción entre agentes económicos. Pero hasta este momento sería una teoría abstracta que aplicada a la teoría del caos podría darnos importantes avances en la dinámica de los sistemas sociales.

Antes de realizar simulaciones con los modelos EGDE, primero tendríamos que generar clústeres de segmentos de trayectorias dinámicas y, en un futuro, tener *biopatrones* de conducta para modelarlos en los sistemas EGDE. Pero surge un problema epistemológico importante: los modelos EGDE están basados en los llamados agentes representativos, y en la literatura actual se están desarrollando los modelos HANK, donde cada individuo tiene una dotación diferente de recursos, aunque inicialmente todos parten con las mismas dotaciones. No obstante, surgiría un problema más: los resultados obtenidos por los modelos EGDE de política económica solo serían válidos para un instante de tiempo, pues los datos variarían en un horizonte temporal y con ello los resultados del modelo también cambiarían. Finalmente, a los modelos HANK, también se podría aplicar las singularidades de Hironaka para resolver el problema principal de la economía dinámica, la predicción.

7. Una posible concepción epistemológica de la predicción en ciencias naturales y sociales

El problema de la predicción científica ha sido y sigue siendo discutido desde inicios del siglo XX. El principal problema de la

predicción es considerar qué se puede establecer con exactitud y precisión del futuro. Si tenemos un tiempo t , el problema es saber que sucederá en $t + 1$, $t + 2$, $t + 3$, y así, sucesivamente. Considero que allí empieza el problema de la predicción; es decir, si estando en el tiempo t , cómo podemos estar seguros de llegar a $t + 1$, o si es el tiempo $t + 2$ o $t + k$. Podemos considerar que la causalidad podría ser una solución. A es causa de B . La inducción y la deducción podrían darnos pistas a una posible solución de este problema. La inducción ha sido criticada por Popper y la deducción es la que muchos científicos naturales como sociales utilizan al momento de dar pronósticos a futuro. En economía se utilizan modelos económico-matemáticos como la teoría del consumidor, que predice tu consumo, ahorro e inversión en el futuro. En situaciones de *emergencia* eso no ocurre, porque si en un momento determinado t existe un máximo, en otro momento $t + 1$ ya no es un máximo, sino que puede ser mínimo; y el momento $t + 2$, lo que sucedía en $t + 1$ o en t , podría considerarse como un comportamiento no racional. Muchas cosas nuevas que surgen de la interacción de agentes en un tiempo t , queremos explicarlos en un tiempo $t + 1$, pero podría ocurrir que estamos en un tiempo $t + k$, cuando necesitamos la información de lo predicho en un tiempo $t + k - j$. Al querer predecir lo que podría suceder en el futuro estamos cayendo en lo que denominó “predicción científica miope”.

Supongamos que tenemos un animal que solo percibe la naturaleza en dos dimensiones, es decir, el plano, solo conoce la izquierda y la derecha, y luego de un periodo largo de evolución conoce lo que es adelante y atrás, y con ello vive suficientemente en la naturaleza. Quiere saber cómo podría alimentarse; si su alimento está a su izquierda, lo cazará en el periodo (t) y sobrevivirá por lo menos un día más ($t + 1$), por lo que hay un atisbo de predicción que es la sobrevivencia. Pero esto no es causalidad; el hecho de cazar y luego sobrevivir no se debe analizar como un concepto de causa y efecto en sentido estático. Según Bunge (1997), existe un triple significado de la

causalidad: causación, principio causal y determinismo causal. Considero que en este caso hay una causalidad dinámica (si tenemos una causa $A(t)$ podría ocurrir un efecto $B(t+k)$: notamos que no es inmediato, sino tendríamos que esperar k periodos para que ocurran determinados fenómenos, tanto naturales como sociales, y principalmente, económicos), pero esto tiene problemas en lo que denomino causalidad caótica² (si tenemos una causa $X(t)$ podríamos esperar un efecto $B_i(t \pm k)$, donde $i = 1, 2, 3, \dots, n$ e indica los n efectos que se podrían dar y $t \pm k$ podría considerarse como los efectos que se podrían repetir de lo que ya había sucedido en periodos anteriores; pero estas cuestiones de hechos en la realidad natural o social no han sido tratados de esta manera). Este animal podría sobrevivir sin cazar hasta un tiempo determinado o podría darse el caso que guarde su alimento, ya sea enterrándolo o de otra manera para comer después, y con eso, en la causa no solo estaría el acto de cazar, sino otros fenómenos emergentes que previamente no han estado en nuestro análisis racional.

Si el animal en cuestión no encuentra alimentos tan solo con moverse en un plano (de solo dos dimensiones), entonces la predicción sería que este animal morirá o que, según Darwin, se extinguirá, porque no está apto para la sobrevivencia. Creo que no se podría inferir de esa manera, pues existe una dimensión más que nuestro animal desconoce, ya que los alimentos están arriba de él o debajo del mismo. Nuestro animal no conoce el espacio en tres dimensiones. Por lo tanto, este sería el problema epistemológico de la predicción.

A los seres humanos nos pasaría lo mismo, pues solo aprendemos y conocemos en tres dimensiones, a lo sumo en cuatro dimensiones incluyendo al tiempo. Pero las cuestiones de predicción tendrían que extenderse en nuestro análisis en n dimensiones (en general a infinitas dimensiones en espacios euclidianos y no euclidianos), y así tendríamos una mejor perspectiva del futuro.

8. Los límites epistemológicos de los modelos EGDE y HANK

El problema fundamental de los modelos EGDE es que toman en cuenta a los agentes económicos de manera homogénea. Considerar que todos los agentes tienen las mismas características de consumo y producción incluido el gobierno es un total despropósito intelectual. Desde la crisis económica de 1929 hasta el descalabro económico del 2008 en EE.UU. se han usado los modelos RANK, que ha sido la guía por excelencia en la metodología que usan los bancos centrales en casi todo el mundo.

El punto de quiebre fue la última crisis económica del 2008. Fue un duro golpe a la teoría económica y sobre todo a la predicción en las ciencias sociales. Los agentes que interactúan en la realidad económica son heterogéneos o de comportamiento heterogéneo, vale decir que las personas de ingresos diferentes generan impactos diferentes en los modelos de EGDE. Se encontró empíricamente que los modelos HANK y mercados incompletos, replican mejor la realidad, al considerar diferentes tipos de ingresos en las familias. Al respecto Greg Kaplan y Giovanni L. Violante, consideran que

la Gran Recesión volvió a colocar el consumo, la renta y la distribución de la riqueza en el centro del análisis de los ciclos económicos y socavó esta percepción. Los economistas empezaron a darse cuenta de que se necesitaban dos ingredientes fundamentales para un análisis coherente de las fluctuaciones y la política de estabilización: 1) heterogeneidad de los hogares; y 2) un marco que pueda adaptarse a las deficiencias de la demanda agregada. En respuesta, varios macro-investigadores optaron por abordar esta brecha de la manera más natural: combinando características clave de modelos de agentes heterogéneos y modelos neokeynesianos. (Kaplan & Violante, p. 171, 2018)

Uno de los problemas por los que no se usaba los modelos RANK creados en los años 80 eran los problemas computacio-

nales —la maldición de las dimensiones—; no existía suficiente tecnología para hacer correr los modelos con varias variables. Además, existían estudios que indicaban que los modelos RANK daban los mismos resultados que los primitivos modelos HANK. Lo que se gana es la simplicidad de los modelos a cambio de complejidad y precisión. También los altos costos que generaba implementar un sistema computacional en los bancos centrales. En los aspectos teóricos, tanto económicos como matemáticos, también había cierta complejidad, pero hasta cierto punto eran superables. Se usaba la ecuación de Fokker-Plank y ecuaciones en derivadas parciales que también necesitaban del uso de computadoras para encontrar una solución por aproximación, ya que no era posible resolverlos analíticamente. Otro problema que había es cierta complejidad para trabajar los modelos HANK en tiempo discreto, por lo que en la actualidad se pasó a trabajar en tiempo continuo. Este no permite mayor rapidez y muchas propiedades matemáticas para poder explicar mejor la evolución temporal de la función de densidad de probabilidad de manera aleatoria, como en el movimiento browniano.

El problema en la actualidad en cuestiones metodológicas es aplicar los modelos HANK o los MBA. Surge el mismo problema que había entre los modelos RANK y HANK, es decir, los MBA son extremadamente complejos en sentido matemático y computacional como para que sean aplicados por los bancos centrales en sus políticas macroeconómicas. También la teoría económica, matemática y métodos numéricos que están en desarrollo en la actualidad. Puntualmente tenemos que, en la última década, existe una variedad amplia de métodos computacionales como; “mezclas de proyección y perturbación, mezclas de métodos de diferencias finitas y perturbación, cuadrículas adaptativas dispersas, expansiones de caos polinomiales, aprendizaje automático y linealización con funciones impulso-respuesta” (Kaplan & Violante, 2018).

Por otro lado, ha surgido un tercer método que son los modelos TANK propuesto por Jordi Galí. Este modelo trata de bus-

car una reconciliación entre los modelos HANK y RANK. Los modelos TANK tratan de utilizar los EGDE tradicionales con sus herramientas y métodos computacionales que son accesibles y hasta cierto punto fáciles de calcular. Además, buscan la heterogeneidad con dos tipos de hogares denominados como "no restringidos" o "restringidos", al respecto Davide Debortoli y Jordi Galí, consideran que

habiendo hecho esa distinción, identificamos tres dimensiones de heterogeneidad que explican las diferencias en las fluctuaciones agregadas entre una economía HANK y su contraparte agente representativa (RANK, para abreviar): (i) cambios en la brecha de consumo promedio entre hogares restringidos y no restringidos, (ii) variaciones en la dispersión del consumo dentro de los hogares no restringidos, y (iii) cambios en la proporción de hogares restringidos. Mostramos que los tres factores anteriores se capturan a través de "cuñas" aditivas que aparecen en una ecuación de Euler linealizada logarítmicamente para el consumo agregado, y que determinan el comportamiento diferencial de una economía HANK en relación con su contraparte RANK. (Debor-toli & Galí, p. 2, 2018)

Notamos que a Galí le interesa en gran medida los resultados computacionales al usar la ecuación de Euler linealizada, tratando de evitar las funciones de densidad de la ecuación de Fokker-Plank. Por lo demás, tienen características similares entre los modelos HANK y RANK.

Por último, los MBA son una buena herramienta metodológica para las aplicaciones en economía. Los sistemas complejos y la teoría del caos por fin tienen una metodología desarrollada para ser aplicados a las ciencias sociales y naturales. No obstante, todavía los MBA no son la panacea que necesita los sistemas complejos, les falta integrar los algoritmos de predicción, importantes para pronosticar en ciencias económicas.

9. Conclusiones

De manera breve, sostenemos las siguientes conclusiones:

- a. Hay que tener en cuenta que, para realizar simulaciones de los modelos EGDE, primero tendríamos que generar algoritmos que obtienen clústeres de segmentos de trayectorias de manera dinámica para incorporarlos en los modelos EGDE.
- b. Los modelos EGDE no están en una base firme con respecto a los datos que usan y la forma cómo se usan, de manera restrictiva, basados solo en la estadística matemática.
- c. La macroeconometría bajo enfoques bayesianos y no bayesianos, además de la econofísica, no toman en cuenta el problema de la "teoría de la cognición de codificación predictiva" o procesamiento predictivo.
- d. Muchos modelos y teorías de la predicción caen en lo que llamo "predicción científica miope". Es decir, tratan solo los problemas de los fenómenos económicos en n dimensiones (normalmente para $n = 1,2,3,4$). Una posible solución sería extender el ámbito a un sistema complejo de infinitas dimensiones.
- e. Considerar que todos los agentes tienen las mismas características de consumo y producción incluido el gobierno es un total despropósito intelectual. Por ello los modelos HANK son una posible alternativa en términos cuantitativos hacia algo más general que son los MBA.
- f. Por último, falta integrar los algoritmos de predicción en los MBA para lograr hasta cierto punto un avance importante en las ciencias sociales.

Notas

- 1 Basado en el modelo Arrow-Debreu.
- 2 Este análisis se hace solo en el caso de los sistemas complejos determinísticos. Si queremos ampliar a sistemas complejos estocásticos, podríamos generar nuevas *emergencias*, es decir, sub-emergencias o cuasi-emergencias.

Referencias bibliográficas

- Abhyankar, S. (1969). *Resolution of singularities of algebraic surfaces*. Oxford University Press.
- Bunge, M. (1997). *Causalidad: El principio de causalidad en la ciencia moderna*. Editorial Sudamericana.
- Cabrera Crot, L. E. (2016). *Búsqueda dinámica de patrones sobre trayectorias* (Tesis para optar el grado académico de Magister en Ciencias de la Computación. Universidad del Bio-Bío, Facultad de Ciencias Empresariales, Departamento de Sistemas de Información). http://replib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1765/1/Cabrera_Crot_Luis_Emilio-.pdf
- Hironaka, H. (1964) Resolution of singularities of an algebraic variety over a field of characteristic zero. *Annals of Mathematics*. <https://doi.org/10.2307/1970547>
- Blaug, M. (1985). *La metodología de la economía o cómo explican los economistas*. Alianza Editorial.
- Chaparro, G. & Escot, L. (2014). El control de sistemas dinámicos caóticos en economía: aplicación a un modelo de hiperinflación. <http://www.scielo.org.co/pdf/fype/v7n1/v7n1a07.pdf>
- D'Alessandro, M. (2013). *Contribuciones críticas a la epistemología de la economía. Indagación a los fundamentos filosóficos de la ciencia económica*. (Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires). Recuperado de http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tesis/1501-1225_DAlessandroMM.pdf
- Debortoli, D., & Galí, J. (2018). Monetary Policy with Heterogeneous Agents: Insights from TANK models. *Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra Economics Working Papers*. https://crei.cat/wp-content/uploads/2020/05/dg_tank_july2018-1.pdf

- Dimitrakos, T. (2020). Reconstructing rational reconstructions: on Lakatos's account on the relation between history and philosophy of science. *Euro Jnl Phil Sci* 10, 29. <https://doi.org/10.1007/s13194-020-00293-x>
- Galindo, H. y Montesinos, A. (2018). *Macroeconomía dinámica: Modelos de ciclos económicos reales*. Volumen 1. Fondo Editorial - EDUNI.
- Janssen, M. (2006). Microfoundations. Documento de debate del Instituto Tinbergen No. 2006-041/1, disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=901163> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.901163>
- García-Bermejo J. C. (ED.) (2012). *Sobre la economía y sus métodos*. Trotta.
- Goodfriend, M. y King, R. (1997). The new neoclassical synthesis and the role of monetary policy. *NBER macroeconomics annual*, 12, 231-283. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c1>
- Kaplan, G., & Violante, G. L. (2018). Microeconomic Heterogeneity and Macroeconomic Shocks. *Journal of Economic Perspectives*. Volume 32, Number 3-Summer 2018-Pages 167-194. <https://doi.org/10.1257/jep.32.3.167>
- Kocherlakota, N. (2010). Modern macroeconomic models as tools for economic policy. <https://econpapers.repec.org/scripts/showcites.pf?h=repec:fip:fedmrr:y:2010:i:may:p:5-21:n:v.24no.1>
- Latsis, S. (1976). *Method and Appraisal in Economics*. Cambridge University Press.
- Popper, K. (2006). *La miseria del historicismo*. Alianza Editorial.
- Sergi, F. (2017). La narrativa estándar sobre la historia de la macroeconomía: bancos centrales y modelos DSGE. Documento presentado en la 45a reunión anual de *History of Economics Society*. <https://uwe-repository.worktribe.com/output/883985/the-standard-narrative-on-history-of-macroeconomics-central-banks-and-dsge-models>.