

DOCUMENTOS DEL CIECE

**ASPECTOS RELEVANTEMEN
TE SIMILARES DE LOS MODELOS**

Schwartz, Nora A. (Comp.)

Junio 2021

Número 16

2021

Staff

Director
Javier Legris

Editor documentos del CIECE
Pablo Mira

Secretaría
Lucas Miranda

Centro de Investigación en Epistemología de las Ciencias Económicas

Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de Buenos Aires

Av. Córdoba 2122 1º p. Aula 111
(1120) Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Argentina
Tel. (54-11) 4370-6152
Correo electrónico: ciece.fce@fce.uba.ar

ISSN: 1851-0922

ASPECTOS RELEVANTEMEN TE SIMILARES DE LOS MODELOS

Schwartz, Nora A. (Compiladora)

Al tratar de entender la realidad usando modelos se asume que, de algún modo, éstos son similares a sus sistemas de destino. Sin embargo, no todos los modelos son similares de una manera relevante. Los trabajos que se presentan en esta compilación hacen alusión a esta cuestión de diferentes maneras. Ellos son elaboraciones realizadas en el marco del proyecto UBACYT, MATEMATICA Y MODELIZACION EN ECONOMÍA: ANALISIS EPISTEMOLOGICO Y ESTUDIO DE CASOS HISTORICOS, que dirige el Dr. Javier Legris.

El trabajo de Nora Schwartz **¿Importa la materialidad de los modelos?**, identifica el contenido conceptual de la noción de *modelo material* y sugiere que importa ocuparse de estudiar el tipo de modelos que ella denota, en la medida en que algún aspecto de la materialidad de los modelos puede contar como un rasgo relevantemente similar al dominio estudiado. Con ello se desafía una larga tradición en Epistemología que considera a los modelos teóricos como algo abstracto y a la relación de analogía con lo modelado como formal.

La presentación de Leonardo Ivarola **Realism and similarity in economic modelling**, propone un enfoque en el que los modelos económicos se evalúan teniendo en cuenta su *similitud* con el sistema de destino. La perspectiva defiende, en oposición a la de Milton Friedman, que el realismo de los supuestos importa, porque es la comparación entre éstos y las características del mundo real lo que determina el curso de acción de quien toma decisiones. El enfoque de Ivarola se basa en la noción de *similitud* propuesta por Weisberg (2012).

Finalmente, la exposición de Pablo Mira **¿El mayor error de todos los tiempos? Ergodicidad y Teoría Económica**, se refiere al hecho de que los modelos económicos de la teoría de la utilidad esperada asumen erróneamente la ergodicidad en varios procesos. La teoría económica *mainstream* se basa en la teoría de la utilidad y, por lo tanto, tiene que afrontar varios desafíos debido al problema de la ergodicidad. Si bien este problema se conoce en economía desde hace mucho tiempo, se lo ha ignorado por completo. El trabajo concluye que la crítica al “mayor error de todos los tiempos” convoca a la teoría *mainstream* a reflexionar sobre él.

¿Importa la materialidad de los modelos?

Nora Alejandrina Schwartz (FCE-UBA)

nora_schwartz@yahoo.com.ar

La categoría de “modelos materiales” en ciencia abarca diagramas; representaciones pictóricas, tales como una fotografía o un dibujo; objetos físicos o de tres dimensiones; modelos computacionales o *in silico* e, incluso, algunos incluyen a los modelos mentales -asumiendo que los procesos mentales son biológicos o físico-químicos. Indicaré, en este trabajo, hitos del derrotero que ha seguido el concepto de *modelo material* en la Epistemología a partir del siglo XX. El propósito es poner de manifiesto que importa investigar la materialidad de los modelos científicos, en particular determinar su papel en los razonamientos basados en modelos empleados frecuentemente en Economía.

La Epistemología tradicionalmente no se interesó en los modelos materiales. Las principales corrientes epistemológicas de la primera mitad del siglo XX, por el contrario, se refirieron a los modelos entendidos como *abstracciones*. En efecto, el empirismo lógico tomó la noción de *modelo* del estudio de la semántica de los lenguajes formales. Un “modelo semántico”, dentro de esta área es una estructura de objetos, propiedades y relaciones, que satisfacen (o realizan) las oraciones de un cálculo. Así, en *The Logical Syntax of Language*, Rudolph Carnap emplea “modelo” en este sentido. También filósofos analíticos como Patrick Suppes, Bas van Fraassen y Frederick Suppe consideraron que los “modelos teóricos” o simplemente “modelos” son entidades abstractas (Abrantes, P., 2004). R. Giere (1988), siguiendo las orientaciones semánticas de estos últimos, pero, asimismo, proponiéndose usar estos términos “como lo hacen los científicos”, afirma que, con las expresiones mencionadas, ellos hacen alusión a *entidades abstractas* socialmente construidas.

Si bien ese fue el posicionamiento general de la epistemología en torno a los modelos, en la década del 50' del siglo XX se expresaron algunas voces disonantes. Los integrantes de un movimiento crítico -al interior del empirismo lógico- revisaron el concepto mismo de modelo. Esos filósofos revivieron una idea de Norman R. Campbell que implicaba reconocer los modelos materiales en ciencia. En efecto, Campbell (1920) había considerado que ciertos modelos materiales icónicos dan un contenido pensable a los esqueletos formales de las teorías y que esos modelos juegan un rol esencial en las modificaciones de éstos. El movimiento mencionado recién estuvo integrado por Ernest Nagel, Mary Hesse y Rom Harré y, más tardíamente, por Peter Achinstein, entre otros (Abrantes, P. 2004). Esta corriente de pensamiento defendió una interpretación del lenguaje teórico no sólo en términos de los modelos semánticos –en el sentido señalado anteriormente-, sino también de modelos icónicos materiales.

Un modelo icónico, según la caracterización de Suppe, es un modelo *de* alguna cosa o clase de cosa, y funciona como un *ícono* de lo que modela –esto es, el modelo es estructuralmente similar (isomórfico) a lo que modela. De acuerdo a esto, entonces, un modelo icónico se basa en una analogía formal, comparte con lo modelado una estructura (sintáctica/formal). Van Fraassen, al igual que Suppe, también sugirió que la relación entre un modelo teórico y el mundo es de isomorfismo (Abrantes, P., 2004). Giere (1988), se refiere a los modelos icónicos de un modo parecido a Suppe, pero vinculando la noción en cuestión al “significado ordinario de la palabra ‘modelo’”. En efecto afirma que este significado sugiere la función de ser modelo *de*, i.e., de representar. Del mismo modo que

en relación con los modelos comunes, dice Giere, se pretende que los modelos científicos teóricos sean modelos *de* algo, que funcionen como “representaciones”. Los modelos teóricos son los medios por los que los científicos representan el mundo –tanto a sí mismos como a los otros. Pero, Giere encuentra que entender la relación del modelo con la realidad como isomórfica trae aparejados varios problemas. Por ello, él sugiere que la manera apropiada de entender la relación entre modelo y lo modelado es como *similitud*. Asimismo, observa que, puesto que cualquier cosa es similar en algunos aspectos y en cierto grado a algo más, las afirmaciones de similitud son vacuas si no hacen al menos una especificación implícita de los *aspectos* y *grados* relevantes (Giere, R., 1988).

La noción de modelo icónico que acabamos de ver en Suppe, Van Fraasen y Giere se refiere a modelos abstractos. A diferencia de ella, Mary Hesse articuló otro significado de *modelo icónico* que abarca no sólo a aquellos modelos de cosas formalmente similares a éstas, sino a las analogías materiales. Las analogías materiales *presuponen un reconocimiento (pre-teórico) de similitudes en un nivel observacional, entre dos sistemas o dominios* (Abrantes, P., 2004). Esto implica que los dominios análogos, en particular el sistema al que pertenecen los modelos análogos puede ser material. En referencia a esta clase de modelos, Rom Harré señala que un modelo icónico material, es el “(...) de mayor importancia para entender el pensamiento científico (2004)”.

El reconocimiento e investigación de los modelos materiales en Epistemología se profundizó con la irradiación que tuvo sobre ella el giro práctico operado a partir de los 1970´ en los estudios sociales de la ciencia. Particularmente con los estudios de laboratorio y los de las prácticas teóricas inspirados en los primeros, se intensificó el examen de los recursos materiales que intervienen en la modelación. *Laboratory Life: the Social Construction of Scientific Facts* de 1979 de Bruno Latour y Steve Woolgar es uno de los trabajos más representativos de la etno-metodología. Ellos reivindicaron la compleja cultura material existente en los laboratorios. Latour les atribuyó un papel crucial a los elementos materiales en el desarrollo de la ciencia. Una de las características de los estudios de laboratorio ha sido explorar el rol de las representaciones visuales en las actividades científicas. Bruno Latour (por ej., 1990) se focalizó en la materialidad grafemática de los dispositivos representacionales científicos de dos dimensiones o “inscripciones”. Otros estudios de la ciencia se basaron en el trabajo sociológico de Latour y Woolgar, aplicando sus ideas provenientes del estudio de las prácticas de laboratorio a los desarrollos *teóricos* de las ciencias. Así, Úrsula Klein se interesó en una especie de herramientas teóricas que intervienen en las actividades científicas: las “herramientas de papel” *de dos dimensiones* (Klein, U., 2003). Al igual que Klein, Eric Francoeur (2000) adoptó una perspectiva latouriana para estudiar la práctica científica. Su atención se volcó hacia el uso que los científicos hacen de los modelos de tres dimensiones como herramientas y medios de la articulación de ideas e hipótesis.

Como anticipé, en los años 80´, el interés por los modelos materiales se intensificó en Epistemología, en gran medida impulsado por los estudios de laboratorio. En efecto, algunos filósofos dirigieron su atención hacia los instrumentos y las prácticas de laboratorio y propusieron como unidad de análisis epistemológico al experimento. Entre ellos se puede mencionar a Nancy Cartwright, Ronald Giere, Ian Hacking, Deborah Mayo y Robert Ackermann (Mayo, D., 1996). El nuevo experimentalismo en filosofía de la ciencia evaluó que los analistas de la ciencia deberían, asimismo, examinar actividades no experimentales, ‘puramente teóricas’, prácticas teóricas de *modelación* (las cursivas son mías) de situaciones o dominios particulares. En *Models as Mediators*, editado en 1999 por dos investigadoras próximas a Cartwright, Mary Morgan y Margaret Morrison, se hace

referencia significativamente al estatuto material de los modelos científicos. Estos son considerados como instrumentos materiales autónomos que cumplen múltiples funciones, una de las cuales es la de representar. Otras tareas son: ayudar a construir teorías; explorar o experimentar sobre alguna teoría ya disponible; aplicar teorías; estructurar y desplegar prácticas de medición; funcionar directamente como instrumentos de medición; y diseñar y producir varias tecnologías. Morrison y Morgan enfatizan que los modelos son algo relativamente concreto. Además, basándose en Morgan Morrison (1999), Tarja Knuuttila destaca que los modelos *tienen un lado material e interactivo*. Según Knuuttila, los modelos son artefactos que deben tomarse como *cosas que se materializan* de manera variada. Con esto apunta a que se debería tener en cuenta el medio a través del que se materializan (Knuuttila, T., 2005).

Hacia fines de los 1980', apareció una variedad de enfoques cercanos a los Estudios sociales de la ciencia (SSK), que compartían el rechazo al apriorismo filosófico y su sensibilidad hacia las dimensiones sociales de la ciencia. Como los SSK dicho movimiento se ocupó de estudiar la práctica científica, lo que los científicos realmente hacen, pero, según A. Pickering, se evaluó que la concepción SSK de la práctica científica y de la cultura elaborada hasta entonces había sido pobre, idealizada y reduccionista y que no había ofrecido el aparato conceptual requerido para captar la riqueza del quehacer científico. Debido a ello, Pickering entiende que se configuraron dos orientaciones encaminadas a: 1) tratar de enriquecer las discusiones abstractas en relación a la práctica científica a través del estudio empírico -que ha sido la línea principal de desarrollo dentro de SSK. Un representante de esta orientación fue David Gooding; 2) cuestionar los repertorios analíticos desarrollados al servicio de una problemática de conocimiento como herramientas primarias adecuadas para entender la práctica. Pickering afirma que, desde esta nueva perspectiva, emerge una imagen de ciencia en la que los diferentes elementos de la cultura científica - social, *institucional, conceptual material- evolucionan en una relación dialéctica entre sí* (Pickering, A. (ed.), 1992).

Una versión cognitiva –“disidente” de los estudios cognitivos tradicionales- puede incluirse dentro de la segunda dirección del movimiento “enriquecido” de los SSK focalizado en la práctica científica recién mencionada. Ella investigó las prácticas científicas integrando sus varias dimensiones y también dirigió su mirada hacia los modelos que integran la cultura material científica. Los estudios cognitivos de la ciencia constituyen una expresión del naturalismo epistemológico. Se desarrollaron originalmente hacia mediados de los 1960' como una mezcla multidisciplinar que abarca la historia, la filosofía de la ciencia y de la tecnología, y las ciencias cognitivas. La mayor parte de este trabajo fue hecho con poco o ningún reconocimiento de los desarrollos contemporáneos del estudio social de la ciencia. Más recientemente, sin embargo, los estudios cognitivos comenzaron a interactuar con los estudios *sociales* de la ciencia y de la tecnología (Giere, R., 2008). Por una parte, invocan procesos y estructuras cognitivas para explicar aspectos importantes de las prácticas representacionales y de razonamiento de los científicos e ingenieros. Por otra parte, reconocen que los ambientes materiales, culturales y sociales en que la ciencia se lleva a cabo son críticos para entender la cognición científica.

Dentro de los nuevos estudios cognitivos de la ciencia y, por ende, en la filosofía de la ciencia que los integra, una tendencia se ha basado en la *cognición distribuida*. Desde esta perspectiva, precisamente, Nancy Nersessian (2005), Ryan Tweney (2002), y Lorenzo Magnani (2002) se han ocupado de *la práctica de modelar con recursos materiales*. La “cognición distribuida” es un enfoque de la ciencia cognitiva que aparece con esta denominación hacia mediados de 1980. Rechaza la tradición de las ciencias cognitivas tempranas de considerar que el conocimiento sólo está dentro del individuo (lo que condujo

inevitablemente a dejar de lado los contextos sociales, situacionales y culturales). Sostiene que las cogniciones distribuidas no tienen lugar únicamente “dentro” del individuo. Por el contrario, considera que están “desparramadas; están “en medio de”, y se reúnen en un sistema que comprende individuos y herramientas suministradas por la cultura” (Norman, D. & Hutchins, E., 1988). Así, Edwin Hutchins afirma que “(...) los procesos cognitivos pueden distribuirse en el sentido de que la operación del *sistema* cognitivo implica la coordinación entre la estructura interna y externa (material o ambiental) (...)” (Hutchins, E., 1995, 2001). El cerebro y el ambiente se interpretan como un sistema co-constitutivo, esto significaría que los procesos de uno y otro impactan y se restringen mutuamente. Entonces, Nersessian, Tweney, Magnani y Giere, entre otros, apoyándose en la cognición distribuida, han entendido los modelos científicos materiales “externos” como estructuras ambientales que integran, junto con los científicos, sistemas cognitivos. Nersessian asevera que los modelos son *artefactos cognitivos* que están comprendidos, junto con uno o más investigadores, en un *sistema cognitivo*. Tweney los describe como artefactos “epistémicos” y Lorenzo Magnani (2002) como “mediadores epistémicos” (Tweney, R., 2002).

Analizar la noción de modelos “externos” como artefactos cognitivos o epistémicos supone esclarecer la idea de *artefacto*. Un artefacto es algo hecho por el hombre y es un objeto sintético, en el sentido de que es diseñado o compuesto para funcionar y lograr fines (Simon, H., 1996). Por ejemplo, un reloj puede describirse como una disposición de engranajes y la aplicación de fuerzas de resortes sobre un peso o péndulo para decir la hora. En relación a los artefactos cognitivos, Hutchins los consideró como estructuras involucradas en una categoría de procesos que producen efectos cognitivos. Hutchins los describe como objetos físicos hechos por los humanos con el propósito de ayudar, enriquecer o mejorar la cognición. Los *artefactos cognitivos* son artefactos computacionales que pueden conducir a nuevos resultados. Pero éstos no pueden entenderse como conocimientos, excepto en el sentido restringido de que el resultado de una computación es una nueva información. En relación a lo que cuenta como *artefacto cognitivo*, Hutchins comenta que hay un continuo: en un extremo se da el caso de un artefacto cognitivo que es usado con el propósito por el cual fue diseñado, en el otro extremo hay casos de artefactos cognitivos que se usan con propósitos diferentes a los que se tuvieron en cuenta al diseñarlos, e incluso hay casos de usos completamente oportunistas de estructuras naturales. Esto último puede ilustrarse mediante la situación del cielo nocturno visto por los navegantes de Micronesia y empleado como una brújula de treinta y dos puntos, que permite determinar los rumbos entre las islas. Hutchins y Norman dan como ejemplos de artefactos cognitivos a los mapas, dibujos, planos, listas, tablas, calendarios, libros, reglas de cálculo y calculadoras. Tweney señala una diferencia entre los artefactos cognitivos y los *artefactos epistémicos*: mediante estos últimos se puede plantear preguntas y obtener conocimiento (no meramente información) (Tweney, R., 2002; Kurz, E. & Tweney, R., 1998).

Hemos visto que la Epistemología se refirió a los modelos materiales desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad. Pero, ¿qué importancia puede tener ocuparse de ellos? Quisiera llamar la atención sobre un aspecto que, creo, vale la pena sondear: el rol de su materialidad al razonar con ellos. El hecho de que los científicos deriven inferencias sobre algún dominio de la realidad valiéndose de modelos sólo parece ser aceptable si éstos son relevantemente similares a ese dominio. Ahora bien, si algún aspecto de la materialidad de los modelos contara como un rasgo relevantemente similar al dominio estudiado, ese aspecto incidiría en las inferencias realizadas por el pensamiento científico. De manera que importa investigar la materialidad de los modelos científicos. Este argumento incita a plantear muchas preguntas, una fundamental es de qué manera la materialidad de los modelos científicos cuenta como un rasgo relevantemente similar al dominio estudiado. Pregunta que implica revisar la posición según la cual la similitud

relevante entre el modelo y el sistema modelado es sólo formal. Esta posición ha sido defendida por Francesco Guala (2002), siguiendo en esto a Herbert Simon. Guala señala un caso de simulaciones de análogos, en donde la correspondencia entre dos situaciones físicas se establece en virtud de que ambas son instancias de la misma ecuación formal. Una posición contraria a la de Guala, y más en línea con la cuestión planteada aquí es la de Susan Sterrett (2009). Ella considera que a veces **las propiedades del material son relevantes**. En el campo de la Física, por ej., su elasticidad, su capacidad de calor, el coeficiente friccional para su superficie, etc. Sterrett también sugiere que esto también se daría en el de la Economía.

Bibliografía

- Abrantes, P. (2004). Models and the Dynamics of Theories. *Philosophos* 9 (2), 225-269.
- Carnap, R. (1937). The logical syntax of language. London: Routledge.
- Francoeur, E. (2000). Beyond dematerialization and inscription: Does the materiality of molecular models really matter?. *Hyle*, 6(1), 63-84.
- Giere, R. (1988). Explaining Science – A Cognitive Approach. Chicago-London: The University of Chicago Press.
- Giere, R. (2008). Cognitive Studies of Science and Technology. En E. J. Hackett et al. (Eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies* (pp.259-278). Cambridge M. A.: MIT Press.
- Guala, F. (2002). Models, Simulations, and Experiments. En L. Magnani and N. J. Nersessian, (Eds.), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*. New York: Kluwer, (pp. 59 – 74). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Harré, R. (2004). Modeling: Gateway to the Unknown. Fairfax: Elsevier.
- Hesse, M. (1966). Models and Analogies in Science. Notre Dame: Notre Dame University Press.
- , (1999). Models and Analogies. En W. H. Newton-Smith (Ed.), *A Companion to Philosophy of Science* (pp. 299-307). Oxford: Blackwell.
- Hutchins, E. (2001). Distributed Cognition. En J. S. Neil & B. B. Paul (Eds.). *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences* (pp. 2068-2072). Oxford: Pergamon Press.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Klein, U. (2003). Experiments, Models and Paper Tools: Cultures of Organic Chemistry in the Nineteenth Century. Stanford, Calif.: Stanford University Press.
- Knuuttila, T. (2005). Models, representation, and mediation. *Philosophy of Science*, 72(5), 1260-1271.

Kurz, E. M. & Tweney, R. (1998). The practice of mathematics and science: From the calculus to the clotheline problem. En M. Oaksford & N. Chater (Eds.), *Rational Models of Cognition* (pp. 415-438). Oxford: Oxford University Press.

Latour, B. and Woolgar, S. (1979). *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton University.

----- (1990). "Postmodern? No, Simply Amodern! Steps Toward an Anthropology of Science" en *Studies in History and Philosophy of Science*. Vol. 21, 1, pp. 145-71.

Magnani, L. (2002). Epistemic Mediators and Model-Based Discovery in Science. En L. Magnani and N. J. Nersessian (Eds.), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values* (pp. 305-329). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Mayo, D. (1996). *Error and the Growth of Experimental Knowledge*. Chicago: The University of Chicago Press.

Morgan, M. & Morrison, M. (Eds.). (1999). *Models as Mediators: Perspectives on natural and Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

Nersessian, N. (2005). Interpreting Scientific and Engineering Practices: Integrating the Cognitive, Social, and Cultural Dimensions. En M. Gorman, R. Tweney, D. Gooding, and A. Kincannon (Eds.), *Scientific and Technological Thinking*, (pp. 17-56). New Jersey: Erlbaum.

Norman, D. & Hutchins, E. (1988). *Computation via direct manipulation*. Universidad de California: La Jolla, California.

Pickering, A. (Ed.). (1992). *Science as Practice and Culture*. Chicago-London: The University of Chicago Press.

Simon, H. (1996). *The Sciences of the Artificial*. Cambridge: The MIT Press.

Sterrett, S. G. (2009). Abstracting Matter. <http://philsci-archive.pitt.edu/4836/> (in conference papers for Models and Simulation 3 (Charlottesville, Virginia, March 5 - 7, 2009)).

Tweney, R. (2002). Epistemic Artifacts: Michael Faraday's Search for the Optical Effects of Gold. En L. Magnani & N.J. Nersessian (Eds.), *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*, (pp. 287-303). New York: Kluwer Academic/Plenum.

Realism and similarity in economic modelling

Leonardo Ivarola (University of Buenos Aires)

ivarola@economicas.uba.ar

Introduction

In mainstream economics, the use of unrealistic assumptions in economic modeling is usually defended not only for pragmatic reasons, but also because of the intrinsic difficulties in determining such degree of realism. Because of that, the criterion used for evaluating economic models is associated with their ability to provide accurate predictions/explanations relevant to modelers' purposes. In this juncture, orthodox economists have found a strong epistemological support in Milton Friedman's approach. According to him, *all* assumptions are unrealistic, since they involve idealizations and abstractions. Therefore, asking the right question is not about the realism of assumptions (for they never are), but about their *approximation* to reality. To such controversy, Friedman responds that the only way to know whether approximations are good or not is by seeing the predictive accuracy of the model implications.

The present paper undertakes a critique to Friedman's approach in particular and to the indiscriminated use of unrealistic assumptions in economic modeling in general. On the one hand, it is asserted that Friedman's defense of the unrealism of assumptions only makes sense as long as economic models account for invariant regularities. However, this is not the case. In economic phenomena, the causal link between variables are not *singular* but *plural*. People's activities and unstable background conditions play a central role here. In this sense, it is argued that economic phenomena do not respond to a logic of stable causal factors or invariant regularities, but to a logic of possibility trees or open-ended results.

In addition to this, there is an epistemological problem that arises from the very use of invariant regularities: even when they are identified in the economic realm, there is no guarantee that such stability will prevail in the future. It is shown that predictions based on knowledge from the past involve not only external validity problems but also negative exposures to "black swans". An alternative approach is proposed here, where models are evaluated, not by their degree of invariance or the accuracy of their (past) predictions, but by their *similarity* to a selected part of the world (or target system) about which predictions are made. Since the core structure of models depends on their substantive assumptions, and since what is intended in this approach is to find a structural resemblance between a model and a target system, it is argued that the realism of substantive assumptions is crucial for the assessment and subsequent choice of economic models.

Friedman's problem. A possible solution

As a positive science, Friedman advocates a limited notion of the goals of economics. According to the author, what is really interesting of a model or hypothesis is its ability to provide "a system of generalizations that can be used to make correct predictions about the consequences of any change in circumstances" (Friedman, 1953, p. 4). Also, he asserts that it does not seem to be adequate to ask about the realism of assumptions, because they never are realistic. What is important is that assumptions should be *good approximations* to reality, and the only way to know that is by examining a model' implications:

(...) the relevant question to ask about the "assumptions" of a theory is not whether they are descriptively "realistic," for they never are, but whether they are sufficiently good approximations for the purpose in hand. And this question can be answered only by seeing whether the theory works, which means whether it yields sufficiently accurate predictions. (Friedman, 1953, p. 15)

Friedman uses the law of falling bodies as an example of his stance. That law claims that the acceleration of a body dropped in a vacuum is a constant g , and is independent of the shape of the body, the manner of dropping it, etcetera. The distance traveled by a falling body is given by the formula $s = \frac{1}{2}gt^2$, where s is the distance and t is the time. At sea level the air pressure is about 15 pounds per square inch. It is obvious that the assumption of a "vacuum" is not realistic, since 15 is different from zero. However, it is not relevant to demonstrate that there exists a difference between the assumed value and the real value, but rather to know if such a difference is significant or not, that is, if the assumption of vacuum is (or is not) a good approximation to reality. In this sense, Friedman argues that the only way to know this is through the accuracy of the predictions of the law.

If the above argument is true, then the testing of assumptions and the testing of predictions cannot be separated. There is only one test: the empirical test of the model's implications. In other words, it is not possible to *directly* estimate the discrepancy between what is asserted in the assumptions of a model and what is observed in the real world. Such a discrepancy is estimated *indirectly* through the model's implications. This is something that must not be overlooked. If the two tests are reduced to one test only, then defending the realism of assumptions is unsustainable, as there is no empirical way to know if an assumption is realistic or unrealistic.

"(...) a theory cannot be tested by comparing its "assumptions" directly with "reality." Indeed, there is no meaningful way in which this can be done. Complete "realism" is clearly unattainable, and the question whether a theory is realistic "enough" can be settled only by seeing whether it yields predictions that are good enough for the purpose in hand or that are better than predictions from alternative theories. Yet the belief that a theory can be tested by the realism of its assumptions independently of the accuracy of its predictions is widespread and the source of much of the perennial criticism of economic theory as unrealistic. Such criticism is largely irrelevant, and, in consequence, most attempts to reform economic theory that it has stimulated have been unsuccessful." (Friedman, 1953, p. 41)

Critiques of Friedman's approach soon appeared. Musgrave (1981), for example, criticized Friedman's approach for not being able to distinguish between three different types of assumptions: *negligibility*, *heuristic* and *domain* assumptions. While the first two assumptions are necessarily unrealistic, the latter must be realistic. More recently, Kuorikoski and Lehtinen (2009) asserted that theoretical modeling usually involves two types of assumptions: "auxiliary" and "substantive". The unrealism of auxiliary assumptions is not put into question. Nevertheless, it is necessary that substantive assumptions be realistic, so that they may carry their epistemic weight into the results.

However, critiques to Friedman's approach have taken for granted the feasibility of testing the model assumptions. But this is precisely what Friedman put into question. How do we know if a substantive assumption is credible? How do we know if a domain assumption is false? The answer is: *Through the accuracy of a model's predictions*. This is the only way to know if an assumption is a good approximation to reality.

According to Hempel (1966), there are some occasions in which the testing procedure is quite direct. However, many scientific hypotheses cannot be tested directly, so that indirect methods of testing must be carried out. In cases like these, the test is based on an argument to the effect that *if* the statement were true, *then* certain observable events should occur under specified circumstances. What is tested is not what the statement says but what it implies.

Nonetheless, Friedman seems to go beyond the mere discussion about testing assumptions directly or indirectly. He claims that, in fact, the test of assumptions cannot be carried out without testing a model's implications; in other words, the test of the model's assumptions *is not independent* from the test of the model's implications. In order to explain the difference between what is *indirect* and what is *independent*, let us suppose a model M from which a result R is inferred. Let us also consider a set of assumptions S1, S2 and S3 that belong to M. We may consider M the "argument" for testing S1, S2 and S3. According to Friedman, the only way to know if that set of assumptions is a good approximation to reality is by testing the accuracy of R. Let us now suppose that we only want to test assumption S1. Friedman will say that the only way to do that is to test the accuracy of R. Hempel, on the other hand, would assert that, in case S1 is not directly testable, we could create an argument for testing it. M may be a possible argument, yet it is not the only one. We might create a new argument A for testing S1. Let R* be the result inferred from A. What is important to predictivists like Hempel is the accuracy of R*. Let's take for example Galileo's law and its assumption of vacuum. One way to evaluate the realism of this assumption is by testing Galileo's law itself. But that is not the only way; we could also design a Torricelli experiment to measure atmospheric pressure.

The latter example allows us to show that the test of S1 can be independent from the test of M. In general, one thing is to say that what is tested are the implications of a statement (*indirect test*), and quite another thing is to say that the test of the model's assumptions is not *independent* of the test of the model's predictions. In this juncture, a deeper analysis allows us to show that this problem depends on the type of question we ask in relation to the realism of the assumptions. Let X and Y be different assumptions. Three types of questions can be asked: (i) is X a realistic assumption?; (ii) is X a good approximation to reality?; (iii) is X more realistic than Y?

Friedman analyzes the first two types of questions, but he leaves out the third possibility. For the sake of clarification, let us return to the example of the law of falling bodies. Such a law is valid for bodies falling in a vacuum, so in order to test the law we might previously measure air pressure. At sea level the air pressure is approximately 15 pounds per square inch (psi). Then the first type of question stated above may be asked: Is the assumption of vacuum unrealistic? Clearly it is, since 15 is different from zero. However, Friedman asseverates that this question has no meaning because, in a strict sense, *all assumptions are unrealistic*. According to Friedman, what is right is asking whether the 15 psi is close enough to zero for the difference to be judged insignificant. The only way to know that is by testing the accuracy of the predictions of Galileo's law.

As long as the second type of question is formulated, there will be no independence between the test of the model's assumptions and the test of the model's predictions. However, this is not true when the third type of question is asked: "is X more realistic than Y?". If we wonder whether the assumption of vacuum in Galileo's law is a good approximation to reality, we must necessarily test the implications of this law. However, we may go one step further and ask whether the assumption of vacuum is more or less realistic than any other assumption, say, one that posits an atmospheric pressure of 15 psi. Here, Galileo's law –and its

respective implications— loses relevance. What is being asked now is: "which of the two statements comes closer to reality: 0 psi or 15 psi?", so that a new argument for testing both statements must be constructed. This means that the experiment conducted for measuring atmospheric pressure (also known as "Torricelli's experiment") is independent from the experiment conducted for testing Galileo's law.

Thus, not only is it possible to test the assumption of vacuum without testing the implications of Galileo's law, but it is also empirically possible to prove that the assumption of vacuum is less "realistic" —or at least less approximate to reality— than the assumption of 15psi. It is likely that due to changes in climatic conditions air pressure is not exactly 15psi. However, what can be said with confidence is that, in the proximity of sea level, the assumption of 15psi will be a lot closer to reality than the assumption of vacuum, and said result is reached without resorting to the implications of Galileo's law. On a more general level, we may say that model assumptions (or at least most of them) are independently testable from the testing of the model's implications. This is achieved when we change the question "Is X a good approximation to reality?" for the question "Is X more realistic than Y?".

The need for invariant regularities

According to Friedman, the task of positive economics is to provide a system of generalizations that can be used for making accurate predictions. This accuracy is the basis for accepting or rejecting models, in the sense that the models that provide more accurate predictions will be preferred over others. On the other hand, predictive accuracy depends on the success of a model in previous circumstances. Thus, Friedman seems to be advocating an approach in which scientific progress goes hand in hand with the discovery of stable or "invariant" regularities.¹ Such an investigative practice can be illustrated as follows: Let us suppose three models M1, M2 and M3. Each model starts from the same initial situation X. However, they appeal to different mechanisms and background conditions, so different results *R* are inferred: R1 for M1, R2 for M2 and R3 for M3. We then have three generalizations G1, G2 and G3 connecting the same initial situation X with R1, R2 and R3 respectively. Suppose that the relationship that has historically prevailed the most is between X and R1. G1 will be then the most invariant generalization. Also, since M1 is the model that has provided the most accurate predictions, Friedman would say that we should use said model for future predictions.

Thus, the criterion Friedman uses for choosing among different economic models seems to be the level of invariance of regularities. And the more invariant the regularity, the more "fruitful" the model. It does not matter if the assumptions of the model are realistic or unrealistic. What is important is that the relation between *X* and *R* is stable or invariant. It would also be plausible to say that the target system behaves *as if* what is stated in the model were true. Let's take Friedman's example of the hypothesis that plants maximize their reception of sunlight. As long as an invariant regularity between the growth of plants and the sunlight they receive is discovered, we could say that plants behave *as if* each leaf deliberately sought to maximize the amount of sunlight it receives. Based on this knowledge we will be able to predict —with a high degree of confidence— what would happen under different circumstances. For instance, we may use this hypothesis for inferring that in the Northern hemisphere foliage is generally denser on the south side of trees, whereas in the Southern hemisphere foliage is generally denser on the north side of trees.

¹ Other names for invariant regularities are "tendencies", "empirical generalizations", etc.

The requirement of invariant knowledge for predictive purposes may involve two types of assumptions: an *ontological assumption* which assumes the existence of stable factors, and an *epistemological assumption* in which it is assumed that invariant knowledge can be used in different situations. Some of these assumptions must be met so that the use of invariant knowledge is fruitful. On the one hand, we may assume an ontology of stable causal factors in which, if those factors were properly isolated from perturbing factors, it would be possible to predict what will happen once the triggering factor is activated (see for example Cartwright, 1999; Maki, 1992). On the other hand, one could not stick to an ontological commitment, but rather to a weaker approach where the only requirement is observing invariant regularities at the level of events. Both assumptions are *independent*, in the sense that any of them may occur without the other. There is a chance that a stable causal factor can be found in isolation, but at the level of events other factors end up disturbing such stability. Similarly, it is possible to find regularities which are not the manifest results of a stable causal factor (for example, those regularities connecting variables that come from a common cause). What really matters is that at least one of these assumptions be met so that an invariant-based approach of prediction makes sense.

Nevertheless, what follows shows that these assumptions are problematic to tackle the issue of prediction in economics. Regarding the ontological assumption, it is important to analyze the way in which economic variables are connected. Following the dualistic ontology proposed in Machamer, Darden and Craver (2000) and in Machamer (2004), these relationships are mediated by *activities*. More precisely, the authors distinguish between “entities” and “activities” in a mechanism. Activities are “the producers of change”, while entities are “the things that engage in activities” (Machamer, Darden and Craver, 2000, p. 3). For Machamer *et al.*, *activity* is a “singular” notion: whenever a factor F is triggered, an activity A is involved in the production of a result R . *Singular* means that there are no other activities implicated between F and R . In some occasions, R may not follow from F , yet this does not depend on the activity A but on perturbing factors. For instance, if we have a headache and the aspirin we take does not produce relief, it does not depend on the very activity the aspirin produces in our body. Acetylsalicylic acid inhibits the production of prostaglandins. This is the activity of aspirin. Every time we take an aspirin, the activity of *inhibition* starts to function. There are no other activities that replace it. That the aspirin failed to relieve the headache, does not mean that the activity of inhibition did not take place. In a general tendency, it did, but it was countered by perturbing factors.

Despite the fact that Machamer *et al.*'s approach is better suited for biology than for economics, it is useful to help us understand the workings of economic phenomena, because it highlights the notion of *activity* and its relationship with entities and/or variables. In this regard, economic activities are plainly the decisions of individuals. These activities are influenced by several factors such as those related to the socio-cultural sphere, the information agents receive from the world, the expectations they form about the evolution of certain variables, etcetera. Depending on what types of activities people carry out, different results will be observed in the economy. Therefore, contrary to Machamer *et al.*'s approach, economic activities are not singular but “plural”: once a factor F is triggered, a set of potential activities (A_1, A_2, \dots, A_n) may start to work. Each of these activities are involved in the production of a different result (R_1, R_2, \dots, R_n). The prevailing result will depend on how people form their expectations, how they interpret information from the economic and political world, the socio-cultural framework, the changes in the social and economic structures, etc.

Economic phenomena are then congruent with the logic of *open-ended-results* or *possibility trees*: given a certain event (inflation, increase in government expenditure, fall in real wages,

etc.), there are several potential alternatives. Any of these, in principle, is plausible. The final result will depend on what activities people carry out. A good example of this is the "Keynes effect". It is a mechanism in which an increase in the real quantity of money leads to a decrease in the interest rate, stimulating investment and consequently the employment and the level of output. However, it is wrong to think that a positive change in the real quantity of money will *invariably* lead to higher levels of output. It is even implausible to think that changes in real quantity of money will *invariably* lead to a decrease in the interest rate. On the contrary, depending on the contextual framework and on people's expectations the course of the economy may be different. Keynes was explicit on this matter:

"(...) whilst an increase in the quantity of money may be expected, *cet. par.*, to reduce the rate of interest, this will not happen if the liquidity-preferences of the public are increasing more than the quantity of money; and whilst a decline in the rate of interest may be expected, *cet. par.*, to increase the volume of investment, this will not happen if the schedule of the marginal efficiency of capital is falling more rapidly than the rate of interest; and whilst an increase in the volume of investment may be expected, *cet. par.*, to increase employment, this may not happen if the propensity to consume is falling off. Finally, if employment increases, prices will rise in a degree partly governed by the shapes of the physical supply functions, and partly by the liability of the wage-unit to rise in terms of money. And when output has increased and prices have risen, the effect of this on liquidity-preference will be to increase the quantity of money necessary to maintain a given rate of interest." (Keynes 1936, p. 155).

The example clearly shows the lack of a "singular" invariant connection between economic variables. There is no causal force that induces people to demand more bonds whenever the quantity of money is increased. Depending on the context they may buy goods, hoard the extra money, etc. Activities must be understood in a *potential* sense, since any of them may take place.²

However, although economic phenomena may be understood through the logic of open-ended results, it does not follow from this that in some occasions economic tendencies may be observed at the level of events. If the price of beef rises 500%, people have the option of consuming it or substituting for pork or poultry; yet, it is reasonable to expect an important decline in the consumption of beef. Similarly, when one sees a dog chasing pigeons in the park, there is the chance that they will stay put, escape or attack. But pigeons (almost) always end up escaping. This means that in many situations, even if there are many alternatives or courses of action available, there is a "dominant" course that prevails. The reasons can be attributed to several factors, for example, stability in the expectations formation process, institutional factors that do not change over time, etcetera. When this happens, it is likely to observe a tendency or regular behavior of some economic variable.

This latter case leads to the problem of an epistemological assumption, which is not associated with finding invariant knowledge but with *what we do* with it. In this juncture, Cartwright (2007) and Cartwright and Efstathiou (2011) have asserted that there are no troubles in "hunting" stable causal factors; the real problems arise when using such causes for different purposes (predictive, explanatory, etc.). In other words, there lacks a bridge to connect the discovery of causal factors with their respective use. Without this bridge, there

² It is important to point out, however, that the concept of "causality" (in the sense of productive relationships between entities or variables) is not under debate. It is recognized that the real amount of money *may bring about* an increase in the GDP. Nevertheless, it *may bring about* other results (for example, inflation). The problem is not causality, but the invariance or stability of causal factors.

is no guarantee that a causal factor will work in different circumstances or scenarios, regardless of its level of invariance.

Broadly speaking, Cartwright and Efstathiou (2011) consider that the conditions that several accounts need to secure causal knowledge are not sufficient to secure the inferences that would put them to use. These accounts face two problems: *Unstable enablers* and *External validity*. The former is related to changes in the enabling factors that support invariant regularities. The latter is associated with the problem of generalizing from a particular setting or population to the one of interest.

The problem with unstable enablers is the fact that the contribution of a causal factor may be perturbed due to changes in background conditions in which that factor operates. This means that any effect of a particular cause depends on a set of other causal factors operating simultaneously, factors that are rarely easy to identify. Besides this problem in the background arrangement of causes, there is a second kind of unstable enablers: changes in the underpinning structures that give rise to economic regularities. According to this notion, an invariant regularity takes place precisely because there is a robust structure that supports it. However, the presence of one or more perturbing factors may alter the structure, thereby cancelling the invariant relationship.

The second problem is associated with the external validity of invariant regularities. There is external validity when the result obtained in some target system holds outside of that target. However, even if we establish results very securely in a particular test, the methods used in such situations provide no basis for extending the results to a population or setting different from those in the test. Because of this, the knowledge of invariant regularities is very narrow in scope and thus very limited in their predictive power. This problem can be illustrated with the "Galilean experiments". The goal in a Galilean experiment consists of eliminating all confounding factors in order to get an invariant regularity between cause and effect. Although we can eliminate confounding factors by physically isolating an experimental system from background interference and/or by making various idealizing assumptions, this does not ensure that an invariant causal relation will persist once confounders are present (Cartwright and Efstathiou, 2011).

Taleb (2007), on the other hand, considers that invariant knowledge (or, better put, knowledge derived from data) is not only of little help in understanding both the present and the future, but also such an inductivist conception can be the reason for the appearance of "black swans". From an epistemological point of view, a black swan is an *outlier*, an event that lies outside the realm of regular expectations. Since it is a highly improbable event, it is impossible to predict. Also, it carries an extreme impact to such a degree that it ends up changing the course of history. A case that perfectly represents the notion of the black swan is the so-called "Russell's inductivist turkey". Let us consider a turkey that is fed every day. Each additional feeding will firm up the bird's belief that it is the general rule of life to be fed every day by a farmer. However, the day before Thanksgiving, something *unexpected* will happen to the turkey, something that cannot possibly be predicted on the basis of that general rule. What the turkey has learned about what is in store for it tomorrow from the events of yesterday may be important, although certainly a little less than it thinks, and it is just that "little less" what may make all the difference (Taleb, 2007).

Invariance cannot then be the criterion for choosing among different economic models. A model providing more accurate predictions than others only gives us information about what has happened in the past. However, we have no basis to expect that such stability will continue in the future. To begin with, economic ontology is not about stable causal factors but about open-ended results. Likewise, even if a tendency is "hunted" in some situation,

nothing guarantees that such a tendency will continue to hold in another context. Finally, whether we only focalize on what we know –so that the unknown is dismissed or considered a rarity– we are exposing ourselves to black swans. Therefore, and contrary to Friedman's approach, economic models should not be evaluated (at least only) by their predictive accuracy.

An account on similarity

A clear problem of appealing to invariance knowledge is becoming a Russell's inductivist turkey. Being a Russell's turkey means using past information for making forecasts. However, without this information, we are not able to make predictions (or at least this is what Friedman and his followers claim). This is partly true; and partly false. It is true that we lose the ability to predict what economic events are precisely going to occur. However, it is false in the sense of losing the ability to make *any kind* of predictions. Despite the fact that many times it is difficult to compute probabilities to future events, it is not so complicated if we get a general idea about the *possibility* of their occurrence.

To begin with, predictions based on the occurrence of possible events usually involve making use of more than one model. In each of these models a different set of substantive assumptions is specified. According to Kourikoski and Lehtinen (2009), this kind of assumptions provides information about the core structure that leads to a result. Because in each model the set of substantive assumptions is different, it may be said that each of the models involved characterize a different scenario. The next step consists of finding a model whose structure resembles in some respects the structure of a selected part of the world (the "target system"). If that model exists, then it is feasible to think that the results of such a model will also occur in the target system. Therefore, the last step consists of choosing that model whose structure resembles more the structure of the target system. This means that examining the substantive assumptions of models is crucial in this procedure; otherwise, there would be no way to establish a choice criterion among different models.

In order to clarify this point, let us consider once again the Keynes effect example. Once the increase in the quantity of money takes place, Keynes proposes different possible scenarios. The most important scenario is the so-called "Keynes effect": when the money supply is increased, a decrease in the interest rate will take place. This change will stimulate investment and consequently employment and production. For this to happen, certain conditions have to be met, namely, that there are constant returns to scale (so that prices do not rise or fall as output increases), the liquidity preference is not increasing (or at least such increase is lower than the increase in the quantity of money), the marginal efficiency of capital is not falling more rapidly than the interest rate, the marginal propensity to consume is not decreasing, etcetera.

However, Keynes is aware that other possible scenarios may happen. For instance, we may assume a second scenario where the liquidity preference grows more than the quantity of money. If so, then the monetary policy will have no impact on the interest rate. Likewise, there is a third scenario where, although monetary policy has successfully reduced the interest rate, entrepreneurs do not have good expectations about future sales. If so, then it is likely that the marginal efficiency of capital ends up falling more rapidly than the interest rate. In other words, firms will be reluctant to invest, even if the credits are cheaper.

In this juncture, in the present section it is argued that the level of *similarity* between models and the selected part of the world from which it is expected to learn something is crucial,

since it is this similarity which will allow agents to select from a menu of models those which best fulfill a particular purpose.

Thus, let \mathbf{A} be an agent that uses a model \mathbf{M} with purpose \mathbf{P} to learn something about a selected part of the world or target system \mathbf{T} . This means that \mathbf{A} does not learn by directly examining \mathbf{T} , but indirectly by examining \mathbf{M} . For this to happen, Maki (2009) says that some degree of resemblance (or similarity) between \mathbf{M} and \mathbf{T} must be achieved. The issue is that there is a menu of possible models for \mathbf{T} . Which of them should the agent choose?

One option is to rely on the predictive and/or explanatory capacity of models. Let us suppose two models \mathbf{M}_1 and \mathbf{M}_2 which are expected to account for a target system \mathbf{T} . According to this premise, \mathbf{A} would choose the model that provides the most accurate predictions, that is, the model whose implications are closer to reality than the other model. However, a model providing the most accurate predictions only gives us information about facts that have happened in the past, so we have no basis to expect that such facts will continue to hold in the future. This situation is associated not only with the typical epistemic problem of making inductive inferences, but also with the ontological issue that what prevails in the realm of economics are not stable causes but possibility trees. In other words, it is possible that a model \mathbf{M}_1 has provided better predictions than \mathbf{M}_2 . But this is not because \mathbf{M}_1 is necessarily "better" than \mathbf{M}_2 , but because its range of applicability has been more consistent with what has hitherto happened in the real world.

This leads us to the second option: not choosing models according to their accuracy regarding past information, but rather to their *similarity* with the selected part of the world from which it is expected to learn something. This similarity is to be understood in comparative terms with respect to the structures that underlie both \mathbf{T} and the menu of models. Following Weisberg (2012), a model \mathbf{M} and a target \mathbf{T} are *similar* when the variables and/or assumptions that describe them have close values or when the attributes they share are greater than the attributes they do not share. The smaller the distance between these values (or the greater the difference between the shared and not-shared attributes), the greater the similarity.

Let \mathbf{E}_{mi} be the structure of a model \mathbf{M}_i . According to what has been asserted above, each \mathbf{E}_{mi} is not arranged by the whole set of assumptions of each model \mathbf{M}_i , but only by its substantive assumptions. Hence, let \mathbf{E}_{mi} be a set such that $\mathbf{E}_{mi} = \{\mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2, \dots, \mathbf{B}_i\}$, where each of the \mathbf{B} -tuples is a substantive assumption of model i . Also, given a set of models $\mathbf{C} = \{\mathbf{M}_1, \mathbf{M}_2, \dots, \mathbf{M}_n\}$, the task of \mathbf{A} is to find a model \mathbf{M}^* that "maximizes" the resemblance or similarity with respect to \mathbf{T} . To carry out this task, \mathbf{A} will appeal to the different models and will compare them with \mathbf{T} . According to Weisberg (2012), the similarity between two objects depends both on the things they share and on the things they do not share. Let $\mathbf{\Delta}$ be defined as the "feature set". The features contained in $\mathbf{\Delta}$ can be quantitative or qualitative. Let also \mathbf{m}_i and \mathbf{t} the set of features in $\mathbf{\Delta}$ possessed by a model \mathbf{M}_i and a target \mathbf{T} , respectively. Following Weisberg (2012, p.144), the similarity between a model \mathbf{M}_i and \mathbf{T} can be expressed by the following equation:

$$\mathbf{S}_i(\mathbf{M}_i, \mathbf{T}) = \theta \mathbf{f}(\mathbf{m}_i \cap \mathbf{t}) - \alpha \mathbf{f}(\mathbf{m}_i - \mathbf{t}) - \beta \mathbf{f}(\mathbf{t} - \mathbf{m}_i) \quad (1)$$

where $\mathbf{S}_i(\mathbf{M}_i, \mathbf{T})$ represents the value of similarity of a model \mathbf{M}_i regarding the target \mathbf{T} , $\mathbf{f}(\cdot)$ is a weighting function, and α , β and θ are term weights. (1) says that the similarity of \mathbf{M}_i to \mathbf{T} is a function of the features they share ($\theta \mathbf{f}(\mathbf{m}_i \cap \mathbf{t})$), penalized by the features that they do

not share ($\alpha f(\mathbf{m}_i - \mathbf{t})$ and $\beta f(\mathbf{t} - \mathbf{m}_i)$). Now, the features of models that turn out to be important for our analysis is only related to the models' substantive assumptions, that is, $\mathbf{m}_i = \mathbf{E}_{mi}$

Therefore,

$$\mathbf{S}_i(\mathbf{M}_i, \mathbf{T}) = \theta f(\mathbf{E}_{mi} - \mathbf{t}) - \alpha f(\mathbf{E}_{mi} - \mathbf{t}) - \beta f(\mathbf{t} - \mathbf{E}_{mi}) \quad (2)$$

The goal of \mathbf{A} consists in maximizing the similarity between \mathbf{M}_i and \mathbf{T} . To do so, let \mathbf{H} be a set by which its elements are all the values of similarity given by each of the functions (1), that is, $\mathbf{H} = \{\mathbf{S}_1, \mathbf{S}_2, \dots, \mathbf{S}_n\}$, where the S-tuple represents the value of similarity of each model in relation to \mathbf{T} . Also, let \mathbf{g} be a function that selects the element of \mathbf{H} with maximum value. We can then state the following equation:

$$\mathbf{M}^* = \mathbf{g}(\mathbf{S}_1, \dots, \mathbf{S}_n) \quad (3)$$

Thus, if \mathbf{A} decides to change an auxiliary assumption, such a decision should not modify the value of similarity. However, this value will change if some substantive assumption is modified. Assuming that agents are optimizer individuals, or that the production function is perfectly differentiable all along its domain, are examples of how modelers must, necessarily, introduce distorting assumptions, in order to obtain heuristic or treatability gain. However, assuming that much of the excess money goes to the bond market, or that investment depends on the animal spirits and not on the interest rate, or that unemployment exists, are a clear example of assumptions that are delimiting the range of applicability of a theory or model, as they refer to a possible path in the possibility tree. In cases like these, it is necessary that an account of similarity is incorporated, as the result will differ if, for example, people allocate excess money to buy financial assets, or if entrepreneurs have bad expectations about their future sales, or if inflation is significant, and so on.

As it can be seen, the realism of the assumptions does matter, because it is the comparison between these and the characteristics of the real world what determines the course of action of a decision maker. Once the idea that we can turn into Russell's turkeys –if we rely solely and exclusively on the knowledge of the past– is accepted, the predictive accuracy choice criterion of models breaks down. Following Taleb (2007), more than pretending to make accurate predictions we may get the idea of future possible scenarios. In this juncture, the choice of models will depend on what the current structure of the target system is. Model inferences are not the benchmark for choosing among them. In any case, these inferences allow us to understand what would happen if the model's structure resembles the structure of the selected part of the world.

Final remarks

In the present paper it has argued the idea that the realism of assumptions is an important tool when choosing among different economic models, whether for predictive, explanatory or other sort of scientific purposes. First, the cornerstone of the defenders of unrealism has been put under analysis: the Friedman's idea (1953) that models cannot be judged by their assumptions, but only by their predictive capacity. In this regard, not only a possible solution to this problem has been provided, but also this idea has been questioned, arguing that there are both ontological and epistemological problems in it. As a counter-argument, a similarity-based approach has been proposed (Weisberg, 2012). Specifically, it has been argued that an economic model can be more or less similar to a target system; it all depends

on which selected part of the world is expected to be examined. It is this similarity that allows the economist to choose, among a set of possible models, the one that best fits the problem in question.

References

- Cartwright, N. (1999). *The Dappled World*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cartwright, N. (2007). *Hunting Causes and Using Them –Approaches in Philosophy and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cartwright, N. y Efstathiou, S. (2011). "Hunting Causes and Using Them: Is There No Bridge from Here to There?". *International Studies in the Philosophy of Science*, Vol. 25, No. 3, pp. 223-241.
- Friedman, M. (1953). *The methodology of positive economics*. In Milton Friedman, *Essays in Positive Economics*. Chicago: University of Chicago Press.
- Hempel, C. (1966). *Philosophy of Natural Science*. Prentice Hall.
- Ivarola, L. (2017). Socioeconomic processes as open-ended results. Beyond invariance knowledge for interventionist purposes. *THEORIA. An international journal for theory, history and foundations of science*, Vol. 32 (2), pp. 211-229.
- Ivarola, L. (2018). A plea for realistic assumptions in economic modelling. *THEORIA. Revista de Teoría, Historia y Fundamentos de la Ciencia*, vol. 33, no. 3, pp.417-433.
- Keynes, J. (1936). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. India: Atlantic.
- Kuorikoski, J. y Lehtinen, A. (2009). "Incredible Worlds, Credible Results." *Erkenntnis*, Vol. 70, No. 1, pp. 119–31.
- Machamer, P. (2004). "Activities and causation: the metaphysics and epistemology of mechanisms". *International Studies in the Philosophy of Science*, 18(1), 27–39.
- Machamer, P., Darden, L. and Craver, C. (2000). "Thinking About Mechanisms". *Philosophy of Science*, Vol. 67, No. 1.
- Mäki, U. (1992). "On the Method of Idealization in Economics". *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities*, Vol. 26, pp. 319-354.
- Mäki, U. (2009). "Unrealistic assumptions and unnecessary confusions: Rereading and rewriting F53 as a realist statement". In Mäki, U. (ed.), *The Methodology of Positive Economics: Reflections on the Milton Friedman Legacy*. Cambridge: Cambridge University Press, 90-116.
- Musgrave, A. (1981). "Unreal Assumptions in Economic Theory: The F-Twist Untwisted". *Kyklos*, 34 (3), pp. 377-387.
- Taleb, N. (2007). *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. New York: Random House.
- Weisberg, Michael. 2012. *Simulation and Similarity. Using models to Understand the World*. New York: Oxford University Press.

¿El mayor error de todos los tiempos? Ergodicidad y Teoría Económica

Pablo J. Mira

pablojaviermira@gmail.com

I. Introducción

Para abatir rápidamente las expectativas, debe aclararse que este artículo no presenta el error más grande de todos los tiempos. El título es apenas un juego de palabras porque, si bien hablaremos de un error teórico, tiene que ver básicamente con una suerte de negación en la disciplina económica de la naturaleza del tiempo. El error tampoco fue descubierto por el autor de este ensayo; su naturaleza e implicancias han sido desarrolladas durante ya diez años por Ole Peters, un físico del Santa Fe Institute y un grupo de coautores³. Peters rescató un viejo pero fundamental principio, que es el concepto de ergodicidad debido originalmente al físico Ludwig Boltzmann, pionero de la mecánica estadística, y lo aplicó al análisis económico. La crítica general es que los economistas han asumido ergodicidad en varios procesos que, debido a su naturaleza, no lo son. Como veremos, esto equivale a evitar reconocer la asimetría del tiempo, que solo marcha en una dirección.

Este artículo presenta de manera simplificada “el mayor error de todos los tiempos” y analiza posibles consecuencias epistemológicas. Nos preguntamos específicamente sobre la posible reacción (aun no ocurrida) de la teoría tradicional, y la analizamos a la luz de los reflejos que mostró la profesión ante otro asalto, representado por la Economía del Comportamiento (EC). La conclusión es que la nueva crítica es más abarcativa y más profunda y constituye un serio desafío que la teoría económica no debe ignorar.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección II presentamos el error conceptual marcado por Peters y sus colaboradores, su relevancia y sus consecuencias. La sección III contempla la naturaleza de la crítica como diferente a la que propuso EC, y los desafíos que impone a la epistemología de la profesión. La sección IV provee algunas reflexiones finales.

II. ¿El Error más Grande todos los Tiempos?

II.1 El Concepto de Ergodicidad

La crítica que presentamos refiere a la idea de **ergodicidad**. Se trata de un concepto técnico, aunque no intuitivamente inabordable⁴. La ergodicidad se aplica a los sistemas dinámicos. Cuando un sistema es ergódico, en esencia no cambia con el tiempo y si bien puede exhibir fluctuaciones, éstas son transitorias. Aplicado a los pronósticos, cuando los sistemas no son ergódicos se suele decir que “lo ocurrido en el pasado no nos ayuda a predecir el futuro”⁵.

Para profundizar un poco en la idea, propongamos dos juegos. En el juego (A) tenemos 1.000 personas con una moneda cada una, que lanzan todas a la misma vez. El juego (B)

³ Alexander Adamou, Yonatan Berman y Murray Gell-Mann, entre otros.

⁴ Ese nivel de conocimiento del que podría decirse que, en acuerdo con la famosa anécdota de Einstein y su explicación de la Teoría de la Relatividad, quizás ya no representa el concepto de ergodicidad.

⁵ Una afirmación que en la teoría económica ha sido muy utilizada por la corriente poskeynesiana, aunque sin mayores precisiones técnicas (ver por ejemplo Davidson 2015).

consiste en una única persona que lanza una moneda 1.000 veces seguidas. Con alta probabilidad, la cantidad promedio de caras (o cecas) que aparezca en ambos juegos será del 50%: el promedio de **muchas** personas lanzando una moneda en **un** momento del tiempo es idéntico al promedio de **una** persona lanzando una moneda en **muchos** momentos del tiempo. El resultado implica ergodicidad: el promedio entre personas (que llamaremos “ensamblado”) es igual al promedio temporal. Concluimos que lanzar una moneda es un sistema ergódico, donde el tiempo “no importa”.

Ahora modifiquemos un poco el juego e incluyamos la posibilidad de apostar nuestro dinero o riqueza. Con cada cara que salga, por ejemplo, gano 10% de mi dinero, pero si sale ceca pierdo el 10% de mi riqueza. Recordemos que en (A) 1.000 personas tiran la moneda una sola vez, y mi riqueza variará de acuerdo al porcentaje de caras y cecas que salió. Por ejemplo, si salieron un 51% de caras y 49% de cecas, habré ganado dinero. Es bastante obvio que mi riqueza variará muy poco. Pero el juego (B) es un poco distinto, porque mi riqueza irá variando con cada tiro; cada cara la aumenta un 10%, cada ceca la reduce un 10%. En principio, parecería que (B) finalmente dejará mi riqueza tan intacta como (A), pero como veremos, la respuesta es negativa: el promedio ensamblado no será igual al promedio temporal. La evolución de la riqueza, por lo tanto, rara vez es un proceso ergódico. ¿Y de qué trata la economía finalmente si no es de la evolución de la riqueza?

Para ver por qué, pasemos a un juego bastante más dramático. Un individuo inmensamente rico le ofrece lanzar un dado. Si sale entre el 1 y el 5, le paga seis millones de dólares, pero si sale el 6... le pega un tiro en la sien. Intentemos replicar las condiciones de los juegos (A) y (B) para adecuarlos a este ejemplo. En lugar de apostar y jugar, usted apuesta a un juego que juegan otros. La nueva versión de (A) le permite ganar el valor promedio que ganan las 1.000 personas que juegan a este juego brutal (usted no lo juega). El juego (B) es una sola persona (que tampoco sería usted) que tira 1.000 veces el dado y paga al final el valor promedio de los 1.000 tiros (si tiene la “mala fortuna” de morir en medio del juego, no juega más...). ¿Cuánto espera ganar en casa caso? El juego (A) parece atractivo, el promedio se acercará a los ¡5 millones de dólares! En cambio, el juego (B) tiene una ganancia muy inferior. El pobre lanzador de (B) habrá muerto tras unas pocas rondas y los tiros subsiguientes valen cero, por lo que reducirán drásticamente el promedio. Así, en este ejemplo los promedios ensamblados y los promedios temporales son dramáticamente diferentes. Este sistema no es ergódico, y es la naturaleza irreversible del tiempo lo que lo hace especial.

II.2 Ergodicidad y Valor Esperado

Volvamos un momento al peligroso juego personal del dado donde sacar de 1 a 5 nos vuelve millonarios, pero un 6 nos manda directo al cementerio. La mayoría de la gente no lo jugaría, pero ¿qué recomendaría la teoría económica? Tomada literalmente, la teoría de la decisión bajo riesgo asegura que si el valor esperado de una apuesta es positivo, debe aceptarse. El valor esperado de 5 millones) estimado anteriormente surge simplemente de ponderar cada resultado del dado por su probabilidad de ocurrencia (1/6). La recomendación es contundente: todos deberían arriesgar su vida. ¿Por qué individuos racionales no deberían una apuesta en promedio tan beneficiosa?⁶

⁶ Podemos hacer el juego más extremo aun: si no sale el 6, usted simplemente sobrevive... en este caso la teoría también exhorta a aceptar pues el valor esperado es 3,5, un número mayor que cero que indica que “en promedio” usted vivirá.

La solución fue propuesta por Daniel Bernoulli en 1738⁷. En su versión, los agentes económicos no evalúan el dinero sino su utilidad, y esta función de utilidad podría simplemente reflejar que el agente es “averso al riesgo”. Con este fin, Bernoulli propuso una versión logarítmica de la riqueza, de modo que las adiciones a una riqueza elevada no generan mucha utilidad. En un giro escalofriante, en el juego del dado se supone que son los pobres los que deberían jugarse la vida.

No hace falta reflexionar demasiado para descubrir que la solución de Bernoulli es completamente *ad hoc*. Incorporar la función de utilidad que mejor se adecúe al problema a resolver es una arbitrariedad. Se apela a una función que incorpora el nivel de aversión al riesgo necesario tal que la paradoja de promedio diferentes entre ensambles y tiempo desaparezca. El aporte de Bernoulli es el fundamento de la vigente Teoría de la Utilidad Esperada (EUT), base conceptual de la economía tradicional para analizar las decisiones bajo riesgo.

Asumir funciones de utilidad generales no solo es arbitrario, sino además circular: asumen lo que el “modelo” finalmente desea probar. En el caso que nos ocupa, incluir una función de utilidad implica que deben conocerse de antemano las preferencias respecto del riesgo para luego determinar si se acepta la apuesta. Pero se supone que la apuesta tenía por objeto en primera instancia revelar la preferencia frente al riesgo del agente. Más en general, varios modelos parecen certificar con retóricas confusas que han demostrado comportamientos que, finalmente, estaban asumidos en la función de utilidad. En Mira (2016), por ejemplo, se presenta el caso del modelo de ahorro de Fisher, donde la suavización del consumo ocurre, básicamente, como consecuencia de asumir en primera instancia una función de utilidad convexa al origen que, por definición, privilegia los promedios (de consumo) a los extremos⁸.

11.3 ¿Promedio ensamblado o temporal?

Los juegos propuestos dejan en claro que, en sistemas no ergódicos, el promedio ensamblado difiere del promedio temporal. En el contexto presentado, la elección del segundo parece más razonable desde lo empírico, y es por eso que muchos economistas aceptaron la función de utilidad, para que el promedio ensamblado termine siendo una alternativa plausible. Pero este es un vuelco innecesario: en lugar de corregir el promedio ensamblado, alcanzaba con calcular directamente el promedio temporal. El uso del promedio histórico tiene otras ventajas.

Al controlar por ergodicidad, el promedio temporal contiene una mayor dosis de normatividad (más “objetivo”) que el valor esperado basado en un promedio ensamblado. Si la enorme mayoría de los agentes no elige una determinada apuesta, esto debería anunciar que esa es la intuición correcta, no un “sesgo” de agentes que rechazan irracionalmente por sobreestimar el riesgo. Esta pista natural se fortalece cuando se confirma que el promedio temporal coincide con esta mayoría sin suponer nada acerca de la conducta individual. Lo que define no es la aversión al riesgo sino la (no) ergodicidad. Para demostrarlo, consideremos un juego más. Se lanza un dado y, si sale un 6, se le paga al apostador 100 veces el valor de su apuesta, mientras que en cualquier otro caso, se

⁷ Bernoulli no intentó resolver el ejemplo que damos aquí, sino la famosa “paradoja de San Petersburgo”. Para una descripción de la historia completa, ver Peters (2011a y 2011b).

⁸ Las confusiones interpretativas de esta mala elección inicial para sostener el valor esperado se ramifican. El promedio ensamblado requiere considerar mundos paralelos, pues en la práctica el individuo está solo y actúa en un momento del tiempo. La maximización terminal de la función de utilidad logarítmica, mientras tanto, sugiere que tenemos preferencia por el logaritmo del dinero, literalmente una “dimensión desconocida”.

pierde todo lo apostado. El juego se repite todas las veces que el apostador desea. De esta manera, el jugador puede simplemente evitar arriesgar toda su riqueza apostando poco, y controlar su apuesta de acuerdo al riesgo que considere lo representa mejor. El valor esperado (ensamblado) de este juego es altísimo, pero lleva indefectiblemente a la quiebra si nos tentamos y apostamos demasiado dinero de manera recurrente, como correctamente lo identifica el cálculo del promedio temporal.

No solo que el promedio temporal es más “objetivo”, también es más informativo. En el juego anterior, el valor esperado no proporciona señal alguna sobre cuánto invertir en cada tiro del dado. La perspectiva temporal, en cambio, define objetivamente la mejor estrategia, que consiste en invertir alrededor del 16% de la riqueza neta en cada tiro y seguir jugando (ajustándose a esa fracción cada vez). Con esta estrategia la tasa de crecimiento por ronda será de un jugoso 33%. Pero si se apuesta una riqueza mayor (o menor) a este porcentaje, se ganará menos. Hay una proporción óptima de apuesta que no depende en absoluto del grado de “aversión al riesgo”, ni del nivel de riqueza del agente. Este cálculo fue propuesto por primera vez por Kelly (1956), y es conocido por los *practitioners* de finanzas como el “criterio de Kelly”.

La teoría de la utilidad esperada asume la ergodicidad, y utiliza promedios ensamblados como alternativa a los promedios temporales. Cuando las cuentas no cierran, apela a una función de utilidad “cóncava”. A veces esta estrategia, por puro azar de la construcción analítica, es correcta. Pero en muchas otras ocasiones no, y esta es una limitación significativa para la teoría.

III. Testeando el Cinturón Protector de la Economía

La crítica presentada parece significar un desafío teórico al núcleo firme de la economía y nos interesa evaluar cuál puede ser la respuesta de la *mainstream*. Pero para que amerite una respuesta, el daño debe ser concreto y real. Por eso describimos a continuación la relevancia de la crítica, para luego concentrarnos en las defensas del cinturón protector de la profesión tomando como punto de comparación su última prueba, que fueron las impugnaciones de la EC.

III.1 Relevancia de la crítica

¿Cuán relevante es la crítica de Peters para los fundamentos de la teoría económica (tradicional)? Comencemos por los libros de texto, destinados a entrenar sistemáticamente a miles de futuros economistas. La EUT es un capítulo inamovible de estos manuales, que es introducida al momento de analizar las decisiones bajo riesgo como un refinamiento del criterio de decisión individual. Normalmente, la EUT se presenta sin ninguna referencia al problema de la no ergodicidad.

Como explicamos, las consecuencias indeseadas de eludir la ergodicidad en la EUT se resuelven asumiendo arbitrariamente la función de utilidad más propicia. La EUT moderna rindió homenaje al fundamento propuesto por Bernoulli re-publicando su trabajo de 1738 en 1954 en *Econometría*, quizás la revista más prestigiosa de la profesión. El antecedente fue aprovechado por Karl Menger (1934), y luego Samuelson (1977) para refinar la teoría económica de decisiones bajo riesgo. La teoría de Von Neumann-Morgenstern se dedicó a perfeccionar esta línea y las decisiones de los agentes así definidas forman parte del modelo canónico de equilibrio general de Arrow-Debreu.

La utilidad esperada puebla una enorme cantidad de modelos micro y macroeconómicos. La “función de utilidad” que se usan hoy en todos ellos, con utilidad marginal decreciente del dinero, deriva de la arbitraria elección de Bernoulli (la utilidad logarítmica). Los modelos macro modernos, no suelen ser aceptados por las publicaciones de primera línea si no tratan el problema de la incertidumbre calculando el valor esperado de la utilidad del consumidor. Los paradigmáticos modelos DSGE deben su letra S a la palabra *stochastic*, que resuelve el riesgo mediante la fórmula de la esperanza. Todo el programa de expectativas racionales calcula estas expectativas de acuerdo a un promedio ensamblado, no temporal.

Las funciones de utilidad, y en particular la EUT, fueron motivo de un examen empírico puntilloso que dio lugar a la Economía de la Conducta. Esta rama dedicó ingentes esfuerzos a demoler el realismo de una función de utilidad que no era necesario incorporar en primera instancia (al menos para el problema planteado). Alas, en su conferencia Nóbel Daniel Kahneman menciona al propio Bernoulli como el antecedente clave de sus críticas.

Es difícil negar la importancia de la EUT en la teoría económica. Pero por supuesto, la no ergodicidad de algunos sistemas dinámicos no anula la totalidad de la teoría económica tradicional, ni siquiera una buena parte de ella. Aun así, muchas aplicaciones donde la dinámica temporal real es esencial para el análisis sufren consecuencias, como veremos en la próxima subsección.

III.2 El Cinturón Protector en Acción

Toda ciencia está sujeta a sesgos, errores y fraudes. La mejor definición de ciencia es la que se caracteriza como un proceso de detección y corrección de errores. Con este objetivo en mente, la disciplina mejora en la medida que reconoce los desaciertos y los ajusta de la manera más “parsimoniosa” posible. Cuando el fallo es demasiado general, todo el edificio teórico corre riesgos y es normal que las reacciones sean las de dudar de la crítica, y eventualmente difuminarla en las prácticas tradicionales. Pero esta defensa tiene sus límites: cuando las fallas se acumulan y apuntan todas al mismo problema, persistir en el error para salvar una estructura analítica generalizada, tratable o “consensuada” no llevará a la disciplina demasiado lejos.

En las últimas décadas, el mayor desafío que enfrentó la teoría económica usual fue el de la Economía de la Conducta (EC). Si bien este programa permitió llamar la atención sobre algunos puntos particulares, su papel como potencial reemplazante de la visión oficial fue rápidamente descartado. En parte, la razón es que BE no constituía una opción real, sino un conjunto de críticas aisladas. Todos sabemos que el *homo economicus* no existe, pero tampoco sabemos demasiado del *homo sapiens*. Dificultades propias importantes, como disponer de una multitud desordenada de sesgos, muchos contradictorios entre sí, convencieron a la *mainstream* de que podía seguir asumiendo cómodamente a su agente como puramente racional sin despeinarse⁹.

La crítica de ergodicidad, en cambio, parece plantear desafíos de naturaleza diferente. En primer lugar, se trata de una crítica formal y matemática. No se trata de que el supuesto normalmente adoptado de ergodicidad no sea “realista”¹⁰. Asumir ergodicidad equivale a asumir una matemática incorrecta, algo bastante más profundo que una especulación

⁹ Al punto que varios trabajos se preguntan si, finalmente, la EC terminó reconociendo la necesidad de realizar ajustes parciales a una teoría que, por lo demás, es correcta. Para un resumen de este debate, ver Mira (2019).

¹⁰ Aunque podría argumentarse que efectivamente, no lo es. Es raro por ejemplo encontrar un *practitioner* en finanzas que utilice la EUT. El comportamiento basado en esta práctica no ha sido verificado empíricamente.

arbitraria sobre el desconocido comportamiento humano. Tratándose de una crítica proveniente de físicos entrenados, remarcar un error formal debería constituir un golpe duro a una disciplina que se ha caracterizado epistemológicamente por su “envidia a la física” (Mira, 2012)

Una segunda diferencia con el desafío de la EC es que la crítica ataca los fundamentos conceptuales del análisis económico. En Peters (2011b) se pone de manifiesto un error teórico en un artículo de Karl Menger¹¹, luego utilizado como insumo por Paul Samuelson, el paradigma de la pulcritud conceptual en economía. En la medida que cada teórico recoge como bueno el marco analítico de su antecesor y construye sobre éste, la cadena de errores puede persistir. Las objeciones de Peters muestran un hecho objetivo: los economistas han trabajado sobre una teoría basada en un error conceptual grave. Debieron pasar cien años hasta que se halló el error, y el descubrimiento lo hizo alguien que ni siquiera es economista. Al enfrentarse con la crítica de que asumir ergodicidad era peligroso, el propio Samuelson consideró que lo “ergódico” era científico, mientras que lo “no ergódico” era un tema perteneciente a la historia, y por lo tanto debía quedar fuera del análisis (matemático) económico (Samuelson, 1968 pp 11-12). Samuelson y Arrow, cuyas teorías se basan en el improbable supuesto de ergodicidad, recibieron su reconocimiento con sendos Premios Nóbel¹².

Una tercera cuestión refiere a los aspectos normativos de la teoría. La EUT fue originalmente concebida como la derivación teórica de la mejor elección posible de un individuo racional. Esta fue la efectiva respuesta utilizada por la *mainstream* ante las acusaciones empíricas o descriptivas de la EC, referidas a la cuestión empírica. Pero los puntos que remarca Peters dan vuelta la tibia. Es la función de utilidad de Bernoulli la que asume un comportamiento específico sin justificación alguna (o, como máximo, por una observación empírica subjetiva) en primera instancia. El promedio temporal resuelve las paradojas de los juegos sin ninguna necesidad de identificar las características psicológicas individuales.

En cuarto lugar, a diferencia de lo que sucedió con EC, Peters y sus investigadores sí han planteado alternativas concretas. Sus modelos que consideran la no ergodicidad permiten echar luz sobre varios aspectos, y de hecho logran resolver varias paradojas presentes en la economía tradicional. En los modelos de finanzas, por ejemplo, aparentes paradojas como el *equity premium puzzle* se desvanecen a la luz de los promedios temporales. La hipótesis de los mercados eficientes también sufre si no se asume ergodicidad, pero puede ser reemplazada por una teoría más adecuada (Peters, 2011c). Otras aplicaciones concretas incluyen la medición del PIB, las transacciones de seguros, la política monetaria y la detección de fraudes¹³.

¿Qué puede esperarse de la respuesta de la economía tradicional a este nuevo y poderoso desafío? Hasta ahora, poco ha ocurrido. Quizás la crítica presentada es relativamente reciente (tiene alrededor de diez años) y seguramente es desconocida para muchos economistas. Pero para estar seguros, el problema de la ergodicidad se conoce en

¹¹ Se supone que el trabajo de Menger venía a resolver la paradoja de San Petersburgo sin apelar al atajo de Bernoulli, pero en la práctica terminó corrigiendo un error con otro error, dando lugar a una serie de equívocos acumulados que fueron heredados por la teoría de la utilidad esperada.

¹² La historia, sostiene Peters, pudo haber sido diferente. El hallazgo de Kelly, quien básicamente maximizó una función de promedios de tasas de crecimiento, tienen antecedentes en Ito (1944), Whitworth (1870) y más atrás todavía Cardano (1663, reprint 1953), quienes capturan la idea de que el promedio ensamblado no es una buena alternativa al temporal.

¹³ Los trabajos de Peters y compañía sobre ergodicidad y sus aplicaciones han sido resumidos en notas técnicas. Ver https://ergodicityeconomics.files.wordpress.com/2018/06/ergodicity_economics.pdf.

economía desde hace mucho tiempo, y lo que ha ocurrido es que se ha ignorado por completo. Peters ha tenido el mérito de explicitar las graves consecuencias de esta actitud.

IV. Reflexiones Finales

El error de todos los tiempos no es sino la negación del rol del tiempo en los modelos económicos, donde esta dimensión es absolutamente clave. No todas las áreas del análisis quedan afectadas, pero una buena porción, en particular aquella basada en decisiones bajo riesgo, debe demostrar con mayor seriedad que no está afectada por asumir ergodicidad en sus modelos.

Más allá del potencial impacto de las objeciones de Peters, este episodio promete abrir un interrogante concreto: ¿se aplican a sí mismos los economistas los criterios de racionalidad que asumen para los agentes que pueblan sus modelos? La racionalidad individual ha sido la piedra fundamental de los modelos económicos. Lejos de representar una propiedad definida y estática, los poderes del *homo economicus* han crecido hasta lo absurdo. Esta historia digna de *Marvel* es conocida, y ha derivado finalmente en la hipótesis de las expectativas racionales, que afirma taxativamente que el agente que personifica los modelos debe ser tan capaz como el propio modelador (Sargent 2008).

La historia del “error de todos los tiempos” puede ser interpretada entonces como un examen introspectivo que se pregunta si las obligaciones intelectuales usualmente impuestas al agente representativo se extienden al dominio de los modeladores teóricos. En particular, ¿cuán capaz es la teoría *mainstream* para evitar errores sistemáticos? Un error sistemático refiere a una falla lógica o conceptual evidente no reconocida a tiempo y que permanece como elemento integrante de la teoría pese a todo bajo diferentes excusas o explicaciones *ad hoc*.

La crítica de Peters parece seria candidata a obligar a la disciplina a meditar sobre este punto. Llama a la teoría a ser tan reflexiva y abierta como los *lemmings* que plagan sus modelos. Desde luego, la ciencia económica corre con una enorme ventaja por sobre el individuo representativo, y es de esperar que la use apropiadamente. La teoría asume con mucho criterio que un individuo racional debería dedicar parte de su tiempo a detectar y corregir errores. Quizás es hora de probar esta actitud en ella misma.

Referencias

Bernoulli, D. (1954). “Exposition of a new theory on the measurement of risk”. *Econometrica* 22, 23–36.

Cardano, G. (1953). *The Book on Games of Chance*. Translated by S.H. Gould Holt, Rinehart and Winston, New York

Davidson, P. (2015). “A Rejoinder to O’Donnell’s Critique of the Ergodic/ Nonergodic Explanation of Keynes’s Concept of Uncertainty.” *Journal of Post Keynesian Economics*, 38 (1), 1–18.

Itô, K. (1944). “Stochastic integral”. *Proc. Imp. Acad.* 20, 519–524.

Kelly, J. (1956). “A new interpretation of information rate”. *Bell Syst. Tech. J.* 35, 917–926.

Menger, K. (1934). “Das Unsicherheitsmoment in der Wertlehre”. *J. Econ.*, 5(4):459– 485.

- Mira, P. (2012). "Envidia de la Economía a la Física: Aspectos Epistemológicos" XVIII Jornadas Epistemología de las Ciencias Económicas, FCE-UBA.
- Mira, P. (2016). "Interpretación de teorías deductivas en economía: un comentario", XXII Jornadas Epistemología de las Ciencias Económicas, FCE-UBA.
- Mira, P. (2019). "Economía de la conducta y economía *mainstream*: relaciones peligrosas" XXV Jornadas Epistemología de las Ciencias Económicas, FCE-UBA.
- Peters, O. (2011a). "The Time Resolution of the St Petersburg Paradox." *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369.1956 4913–4931.
- Peters, O. (2011b). "Menger 1934 revisited" arXiv preprint arXiv 1110.1578.
- Peters, O. y A. Adamou (2011c). "Stochastic market efficiency". arXiv preprint arXiv:1101.4548.
- Samuelson, P. (1968). "What Classical and Neoclassical Monetary Theory Really Was" *Canadian Journal of Economics*, 1 (1), 1–15.
- Samuelson, P. (1977). "St. Petersburg paradoxes: Defanged, dissected, and historically described" *J. Econ. Lit.*, 15(1):24–55.
- Sargent, T. (2008). *Rational expectations*. In S. N. Durlauf, & L. E. Blume (Eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Second Edition. Palgrave Macmillan.
- Whitworth, W. (1870). *Choice and Chance*. 2nd edition D. Bell and Co.