

*Publicaciones de la Cátedra Bolívar.  
Facultad de Economía y Empresa de la USC. Director Luis Caramés Vieitez  
Temas de Teoría Económica y su Método 3  
Documento 105 de la Serie Economic Development*

Los documentos 103 a 118 de esta serie han sido publicados por la Cátedra Bolívar de la USC en el libro, editado por Juan José Jardón Urrieta (UMSNH) "Temas de Teoría Económica y su Método"

Web de la Cátedra Bolívar:

<http://www.usc.es/es/gobierno/vrrelins/catedras/bolivar/index.html>

USC= Universidad de Santiago de Compostela (España)

UMSNH= Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México)

## METOLOGÍA Y POLÍTICA ECONÓMICA: UNA RECONSIDERACIÓN

Andrés FERNÁNDEZ DÍAZ

Lorenzo ESCOT MANGAS

Facultad de Economía, Universidad Complutense de Madrid (UCM), España

Este documento analiza nuevos conceptos y retos de la metodología de la ciencia económica y el problema de retomar cuestiones que continúan vigentes y que en ocasiones han sido obviadas a lo largo del tiempo. Dedicamos atención al tema de la dispersión del conocimiento científico, a la importancia del estudio del método, la utilización de modelos dinámicos en política económica y su relación con el problema de control óptimo.

JEL Codes: A1, B4

*L'empirisme et le rationalisme sont liés, dans la pensée scientifique, par un étrange lien, aussi fort que celui qui unit le plaisir et la douleur.*

*En effet, l'un triomphe en donnant raison à l'autre: l'empirisme a besoin d'être compris; le rationalisme a besoin d'être appliqué.*

Gaston Bachelard, *La philosophie du non*, 1940.

### I. Introducción

Plantear, ya bien entrado el siglo XXI, cuestiones y problemas metodológicos referidos a la Ciencia Económica, en general, y a la Política Económica, en particular, puede parecer injustificable y fuera de lugar si se tiene en cuenta lo mucho que se ha avanzado en nuestro terreno científico específico y en la teoría del conocimiento durante las últimas décadas.

Pero esta ilusionada y refrescante incursión en tales temas no debe sorprendernos, y ello por dos razones fundamentales: porque han surgido nuevos conceptos, nuevos retos y nuevas ideas, por una parte, y porque cuanto se decía hace ya más de cuarenta años continúa vigente y plenamente comprensible y exigible, por otra.

Comenzando por la segunda razón, es preciso reconocer que si bien es cierto que el acervo teórico de la Economía puede conducirnos lejos en nuestras investigaciones, preferimos quedarnos a medio camino, o de hecho así lo hacemos, renunciando por ignorancia, inercia o comodidad, a rentabilizar el esfuerzo intelectual realizado por grandes maestros y pensadores a lo largo del tiempo. A este respecto, buena parte de cuanto deci-

mos y planteamos en este trabajo, y que en su día anticipábamos, continúa

siendo obviado y no asumido, a pesar de que resulta indiscutible y perentoria la necesidad de incorporarlo en nuestra tarea y en nuestro marco científicos. En realidad éste constituye nuestro objetivo y la justificación de nuestro análisis y el por qué de abordar cuestiones metodológicas a estas alturas y del status alcanzado por la Ciencia Económica.

La otra razón, la primera enunciada, resulta incuestionable y poderosa, y ello porque el progresivo aumento de la complejidad en la Economía hace necesario contar con nuevos conceptos e instrumentos de análisis así como recordar los principios y técnicas ya existentes. Entre éstos y éstas últimas se encuentran los modelos, pieza clave en esta *reconsideración* epistemológica en la que dedicaremos una atención muy especial a la diferencia entre modelos y teorías, y a la noción determinante y sustancial de *emergencia*, esclarecedora y de un gran poder heurístico.

La idea de emergencia y la de complejidad son indisociables, y ninguna de ellas puede explicarse sin recurrir a la otra, y ello es así porque en un sistema complejo sus propiedades no pueden explicarse del todo mediante la compresión y el entendimiento de sus componentes. Por ello nos detendremos, aunque sea brevemente en algunas consideraciones sobre complejidad y emergencia.

Previamente, sin embargo, y como ya declaramos, profundizaremos en el tema central, que no es otro que la necesidad del empleo de modelos en la Política Económica, partiendo del hecho que suple de la inexistencia, en ocasiones, de teorías, y considerando el criterio de demarcación de Karl Popper a la hora de distinguir unos de otros.

Visto el papel esencial e imprescindible del modelo, y hechas las consideraciones sobre complejidad y emergencia, nos introducimos en la dualidad complejidad y economía, espacio en el que han de surgir los aspectos más novedosos de la metodología de la ciencia económica, tanto en la vertiente positiva, como en la normativa o de política económica. En efecto, entre otros puntos relevantes, cabe hablar de asumir el indeterminismo frente al determinismo reduccionista en el que sistemáticamente se refugia la economía, de la endogeneidad que caracteriza el proceso económica, de la no linealidad como expresión del comportamiento más habitual, de la irregularidad como norma y como consustancial a la complejidad, del caos entendido como algo derivado de la sensibilidad y dependencia ante pequeñas variaciones de las condiciones iniciales, sin

olvidar una breve referencia a la controvertida teoría de las catástrofes de René Thom.

Llegado este punto se plantea una reflexión conclusiva enmarcada en el ámbito de la política económica, recordando la aportación básica de la denominada escuela nórdica y el papel decisivo de los modelos de decisión, sobre cuyo funcionamiento se hará una breve reseña, tanto de los modelos estáticos con objetivos prefijados o usando un criterio de optimización, como de los modelos dinámicos en los que se busca determinar la trayectoria temporal más satisfactoria para el conjunto del sistema.

## II. Dos metafísicas

Cuando el célebre filósofo francés se expresaba en los términos con los que encabezamos la introducción, se refería indudablemente, a las ciencias de la naturaleza y más en concreto, a la física, como una de las ramas relevantes dentro de este ámbito científico. Pero sus puntos de vista y conclusiones podrían ampliarse al campo de las ciencias sociales y, especialmente, al caso de la ciencia económica.

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

En su contenido y estructura se aprecia con claridad una doble vertiente, una dualidad, que de ninguna forma debe desfigurar la imagen unitaria de esta ciencia, que, con más frecuencia de la deseada, se parece a la zorra del poeta griego Aquiloco o, en el mejor de los casos, a la montaña de Shackle que puede verse sucesivamente por cada uno de sus lados pero que requiere un notable esfuerzo de imaginación para obtener una visión de conjunto.<sup>1</sup> Nos referimos a la vertiente positiva, teórica o analítica, por una parte, y a la vertiente normativa, de acción o de política, por otra.

En el primer plano se pretende progresar en el conocimiento científico a través de la observación sistemática y el análisis, acuñando leyes, elaborando teorías y adelantando predicciones. A este respecto, la tarea del científico de la economía es equiparable a la de cualquier investigador del vasto campo de las ciencias empíricas, incluidas las ciencias de la naturaleza. El plano normativo, a su vez, surge entre nosotros integrado por tres elementos o fases fundamentales: la introducción y explicitación de los juicios de valor, la asignación de unos instrumentos a unos obje-

vos previamente definidos basada en el empleo de teorías y/o modelos y, finalmente, la verificación y valoración de los resultados.

Ambos enfoques, el positivo y el normativo, configuran un proceso circular cuyo inevitable punto de partida y, por consiguiente, de llegada ha de ser *la realidad*. A lo largo de su recorrido, el esfuerzo o la actitud científicas se apoyan, como diría Bachelard, en dos metafísicas naturales y convincentes, implícitas y tenaces, que con frecuencia aparecen bajo las etiquetas clásicas de racionalismo y de realismo.<sup>2</sup> Esa dualidad, el Espíritu y el mundo, aparentemente encontrados, constituyen parte de un todo envolvente y globalizador.

Esta doble rúbrica, a manera de polarización epistemológica, puede servir de guía para entender e interpretar correctamente la estructura y el contenido de la Ciencia Económica, si bien no hay que identificar el par de conceptos “racionalismo” y “empirismo” con las visiones “positiva” y “normativa” de la Economía. Quizás lo más útil e ilustrativo de esta guía sea el hecho de poner de relieve la necesidad y posibilidad del enfoque unitario, al considerar científicamente el fenómeno económico. En efecto, el análisis teórico en el plano positivo se legitima y culmina en su proyección en su vertiente normativa, a la que, a su vez, sirve de soporte y justificación rigurosos. Así, y como puede comprobarse en las principales aportaciones en el campo de la Ciencia Económica, lo racional es real, y lo real es racional.

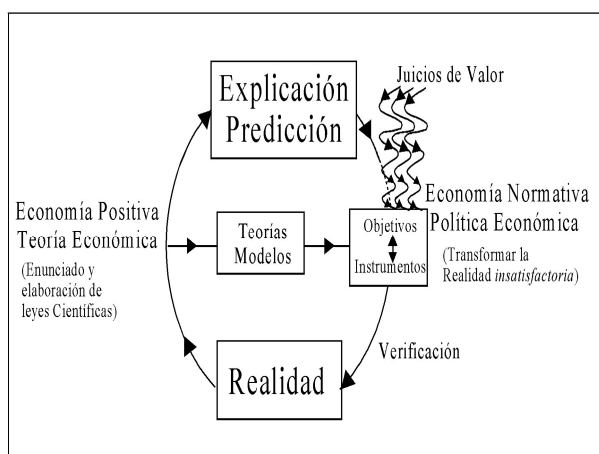


Figura 1. Economía Positiva y Normativa

### III. Dispersión en el conocimiento científico

A pesar de todo ello, la falta de unidad de la Ciencia Económica es un hecho, y se debe, en parte, a la pérdida de simplicidad de nuestra materia. “Hay tantos matices y sutilezas, tal deseo de encontrar el rigor absoluto y la más alta precisión que hemos perdido la noción de un cuerpo de conocimiento bien delimitado, ordenado y esencialmente simple”.<sup>3</sup> No hay, sin embargo, que escandalizarse, pues en realidad no existen los fenómenos simples: el fenómeno es un tejido de relaciones, una contextura de atributos. Por otra parte, para que una idea simple pueda ser comprendida es preciso insertarla en un sistema complejo de pensamientos y de experiencias.<sup>4</sup> La mayoría de las veces, las ideas simples se comportan como hipótesis de trabajo que han de ser revisadas para obtener su justo peso o papel epistemológico.

En cierto sentido, podría interpretarse que la Economía ha renunciado a intentar penetrar en las raíces profundas de la conducta humana y, por tanto, a buscar cualquier principio unificador en esa conducta. Aunque admitamos que no es fácil disponer de un sistema, podemos, no obstante, contar con un esquema, un conjunto ordenado de teorías fundadas de manera diferente en hipótesis básicas (unas suponiendo un conocimiento perfecto, otras con un grado de incertidumbre conocido) relativas a la evolución progresiva, irreversible, o a la repetición mecánica, aislada, determinista. Como afirma Shackle en su obra repetidamente citada, se trata más de una caja de herramientas que de una filosofía elaborada y ultimada.

Ha quedado dicho que no se da una unidad en el conocimiento económico debido a la complejidad del campo abarcado. Pero también podría argumentarse que la Economía como un conjunto de aseveraciones teóricas no se halla unificada porque los economistas desconocen o no siguen en su análisis los principios de la filosofía de la ciencia. Si los economistas fueran conocedores de estos principios podrían conseguir, dice Emmer, un sistema unificado.<sup>5</sup>

Aunque esto no se lograra, y el logro de la suprema síntesis constituya una meta inalcanzable, habría que admitir sin titubeos la necesidad de conocer, estructurar y manejar una filosofía de la ciencia y una epistemología de nuestro campo científico. Discutir en torno a este punto sería tan absurdo y estéril como polemizar a estas alturas sobre la necesidad o conveniencia del empleo de las matemáticas en la economía. Por otra

parte, es preciso tener en cuenta que la Ciencia Económica, como las restantes ciencias sociales, admite una estructuración, una axiomatización, así como una formalización, sin detrimento de su contenido real y de su naturaleza empírica.<sup>6</sup>

Pero podría considerarse una tercera causa, de no menor importancia: la aparición de nuevos términos y conceptos en el ámbito de la Economía. En efecto, los conceptos de *decisión*, *orden*, *tiempo*, *entropía*, *dinámica*, *caos*, *no linealidad*, etc., han venido a romper la trayectoria inicial, planteando nuevos problemas y ofreciendo nuevas perspectivas. Han desbordado el marco de la lógica determinista-mecanicista, y requieren un nuevo tratamiento con instrumentos de análisis distintos de los tradicionales. Abandonan el empleo de la matemática tradicional, y buscan el ropaje de la matemática moderna, a través, fundamentalmente, del concepto de estructura topológica, sustituyendo la lógica determinista por la lógica de la probabilidad, o aplicando las matemáticas del caos o de las catástrofes.

Todo este proceso, a la vez que contribuye a hacer más difícil la unidad en el campo de la Ciencia Económica, afecta directamente a su método, cuyos primitivos cimientos se tambalean ante el empuje de enconadas controversias.

#### **IV. Importancia del estudio del método**

La incursión en el terreno de la metodología de la Ciencia Económica constituye hoy una tarea erizada de peligros y dificultades, debido especialmente a la falta de acuerdo, a los múltiples enfrentamientos y a la confusión que de todo ello se deriva.

Desde el apriorismo deductivista utilizado por David Ricardo, hasta los métodos recomendados por Camilo Dagum, pasando por las reglas del procedimiento inductivo del genial Stuart Mill, por el resurgimiento de la figura monumental de Karl Popper y su nueva metodología sintética del falsacionismo como criterio de selección científica, o por las aportaciones críticas de Kuhn y Archivald y del insólito Lakatos, con su teoría de sus Programas de Investigación Científica, así como de P. Feyerabend, encontramos un mundo fascinante, quizás excesivamente complejo, pero imprescindible para conocer y asentar el contenido de la Ciencia Económica moderna y, por consiguiente, de la política económica.

La Metodología junto a la Epistemología y la Filosofía de la Ciencia, constituye una “metaforma de conocimiento” dentro de la interesante y esclarecedora clasificación de Dagum, en la que incluye las Ciencias empíricas, que se refieren a la “substancia del conocimiento” (Ciencias Naturales, Biológicas y Sociales), y las que se ocupan de la “forma del conocimiento” (Matemáticas, Lógica y Estadística).<sup>7</sup> Estas tres áreas del conocimiento científico, que, en cierto sentido, nos recuerdan los “tres Mundos” de Karl Popper,<sup>8</sup> se cruzan e interrelacionan en toda tarea investigadora. Lo mismo sucede, lógicamente, en el caso de la Economía que se apoya, desde el punto de vista formal, en la Matemática y en la Estadística, y que se adentra en los complicados recovecos de su fenomenología a través de un método o camino determinado, sirviéndose, así mismo, de los recursos epistemológicos y de la Filosofía de la Ciencia.

El fenómeno económico, lejos de ser tan simple como en ocasiones se pretende, resulta profundo y complejo, pero también es verdad que para el conocimiento científico del mismo se cuenta con armas e instrumentos de entidad y poder heurísticos suficientes.

Conviene poner de relieve, el hecho de que existe una significativa correspondencia entre el proceso de dispersión al que antes aludíamos y la dispersión en el método. Parece como si la ciencia moderna ya no quisiera obtener una visión de conjunto, forzosamente abstracta, sino pequeñas verdades circunstanciales. ¿Quiere ello decir que la ciencia reniega de sí misma? De ninguna manera, tan solo cambia de método.

La Ciencia Económica moderna, impulsada por las tendencias micro-cósmica y dinámica, está adquiriendo un mayor poder explicativo de la realidad, a través, fundamentalmente, del empleo de modelos. ¿Significa esto que la Ciencia Económica así concebida puede caer en la descripción pura y, por el hecho de su fragmentación, perder el carácter de objetividad, perder, en una palabra, su carácter de Ciencia?

No parece haber motivos fundados para una respuesta afirmativa a este interrogante, y ello porque, si existe una economía fundamental, un cuerpo unificado, surgirá del cotejo de esos esquemas, de esos análisis morfológicos, cada uno válido para cierto tiempo y para un espacio dado. El método cambia de forma clara: en vez de moverse de arriba hacia abajo, siguiendo el camino de una economía fundamental intuitiva, a la cual complicamos progresivamente hasta llegar a la realidad, la ciencia

moderna va de abajo hacia arriba, parte del análisis de la realidad y despeja poco a poco las características de la economía fundamental.

Este enfoque de la Ciencia Económica y de su método tiene una clara correspondencia con la idea de modelo y su aplicación a la Economía, en general, y a la Política Económica, en particular.

## V. Teorías y modelos

En el campo de la investigación científica, en general, y de la Ciencia Económica, en particular, es de suma importancia la distinción entre los conceptos de teoría y de modelo, utilizando como marco de referencia el criterio de demarcación de Karl Popper, es decir, el de la falsabilidad de los sistemas y no el de su verificabilidad.<sup>9</sup>

Supongamos el modelo simplificado de una economía cerrada expresado mediante las ecuaciones siguientes, en las que las variables tienen el significado habitual, sobradamente conocido

$$\begin{aligned} Y &= C + I + G \\ Z &= Y - T \\ C &= a + bZ \\ I &= u + vY \\ T &= rY \end{aligned} \tag{1}$$

Estas ecuaciones son enunciados abiertos que se cierran mediante la cuantificación correspondiente. Así, por ejemplo,  $y = 2x$  se cierra diciendo que  $\{(\hat{x}, \hat{y}) \rightarrow (y = 2x)\}$ .<sup>10</sup>

Si se introduce ahora el concepto de relación, el conjunto de todos los puntos que satisfacen la ecuación  $y = 2x$ , puede definirse así:

$$R = \{(x, y) \mid y = 2x\}.$$

Podemos entonces escribir el sistema anterior de una economía cerrada utilizando las expresiones siguientes.<sup>11</sup>

$$[(Y, C, I, G, Z, T) \mid Y = C + I + G] = F_1$$

$$[(Y, C, I, G, Z, T) \mid Z = Y - T] = F_2$$

$$[(Y, C, I, G, Z, T) \mid C = a + bZ] = F_3$$

$$[(Y, C, I, G, Z, T) \mid I = u + vY] = F_4$$

$$[(Y, C, I, G, Z, T) \mid T = rY] = F_5$$



Sustituyendo el primer miembro de la relación con

$$x = (Y, C, I, G, Z, T),$$

se tendría el mismo sistema de relaciones de una manera más simplificada:

$$\begin{aligned} x &\in F_1 \\ x &\in F_2 \\ x &\in F_3 \\ x &\in F_4 \\ x &\in F_5 \end{aligned} \tag{2}$$

Si los valores de  $x$  se obtienen según una determinada regla de observación  $E$ , los valores observados de  $x$  satisfacen la relación general  $F_i$  (con  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ). Llamando (a los actos de observación de  $x$ , y expresando con  $\rightarrow$  la conexión lógica “si ... entonces ...”, denominada por algunos autores proposición condicional, podrían expresarse las proposiciones de base de nuestro modelo de la forma siguiente:

$$\hat{\alpha}x [(\alpha, x) \in E \rightarrow x \in F_i] \tag{3}$$

Relación que se lee así: para todas las observaciones de  $x$  realizadas según la regla  $E$ , los valores observados de  $x$  pertenecen o son elementos de las relaciones  $F_i$ .

Como se trata de proposiciones universales en las que una sola contradicción basta para que sean falsas, el economista no puede apoyarse en ellas sin referirlas a una especificación en la doble dimensión espacio-tiempo.

Es necesario, pues, introducir el “ámbito social” en el sistema deductivo, con lo que las proposiciones básicas del modelo adoptarían la siguiente expresión

$$\hat{k}\hat{\alpha}x \left( k \in K^r \wedge \alpha Pk \rightarrow [(\alpha, x) \in E \rightarrow x \in F_i] \right)^1 \tag{4}$$

Esto es: para todas las observaciones  $k$  del ámbito social, para todas las observaciones  $\alpha$  de  $x$  y para todo  $x$ , si  $k$  es un elemento de  $K^r$ , y si los actos de observación del ámbito social se efectúan en conexión pero independientemente de las observaciones  $\alpha$  de  $x$ , (esto se expresa por

$\alpha Pk$ ), entonces, si las observaciones  $\alpha$  de  $x$  se efectúan según la regla  $E$ ,  $x$  pertenece a la relación  $F_i$ .

Tenemos, pues, en la expresión (4) una aseveración condicional. El problema reside en que el economista, y ello parece estar confirmado por la realidad, no es capaz de dar una interpretación a todos los términos del antecedente de la premisa mayor; esto es, que ni  $K'$  ni  $P$  parecen recibir una adecuada caracterización en las construcciones teóricas de la Economía. La especificación del ámbito, sin embargo, no es un problema exclusivo de la ciencia económica ya que tenemos ejemplos en la Física, como el caso de la ley general de la palanca, e incluso en el ámbito de las Matemáticas, como sucede con el problema de la disección de un rectángulo en cuadrados desiguales. En estos casos no cabe hablar de teorías sino de modelos. Nos referimos a que tanto en la física como en la matemática también existen problemas para especificar el ámbito o lo que es lo mismo conocer el antecedente de la proposición. Los matemáticos no fueron capaces de dividir un rectángulo en cuadrados desiguales de forma que la suma de todos los cuadrados fuesen igual al área del rectángulo. Los matemáticos no fueron capaces de solucionar el problema, no se podía hablar entonces de una *teoría* matemática de la disección de rectángulos. Pero observaron que había un elevado grado de isomorfismo con la teoría de redes eléctricas, que permite, por tener una estructura común, resolver el problema, ya que los físicos, con dicha teoría de redes podían igualar una resistencia general de los lados del rectángulo con las resistencias parciales de los lados de los diferentes cuadrados. A este modelo se le llama en la literatura modelo teórico de disección de rectángulos. En general a los modelos en los que no es posible especificar el ámbito, se les llama modelo teórico en la línea de pensamiento de la teoría de la falsabilidad de Karl Popper.<sup>12</sup>

Volviendo a nuestro modelo, supongamos que se realizan las observaciones y que los valores de  $x$  satisfacen la relación  $F_i$ . Se puede entonces concluir que las afirmaciones del modelo son ciertas o han sido confirmadas para el caso en cuestión, ya que la verdad del consecuente basta para garantizar la veracidad de la entera proposición. Si por el contrario las observaciones nos conducen a valores de  $x$  que no satisfacen la relación  $F_i$ , la conclusión no es tan sencilla, pues de la falsedad de los consecuentes no se sigue forzosamente la falsedad de la entera proposición, ya que para ello habría que establecer la verdad de los antecedentes. Pero

esto no es posible mientras que, como hemos visto, dichos antecedentes contengan elementos no especificados.

Nuestra tesis puede entonces resumirse así: **los sistemas deductivos cuyas proposiciones pueden tan sólo ser confirmadas, pero no refutadas, se denominan modelos.** Ello conduce fácilmente a establecer la diferencia fundamental entre modelo y teoría: en un modelo, la clase de fenómenos cuya explicación buscamos, esto es, el ámbito social relevante, no está caracterizada adecuadamente, inequívocamente. En una teoría por el contrario, si lo está.

En realidad este planteamiento sigue el criterio de demarcación de Karl Popper, esto es, el de la *falsabilidad* de los sistemas y no el de su *verificabilidad*.

Quizá este concepto de modelo choque con la acepción más generalmente admitida, que considera el modelo como la especificación de una teoría establecida anteriormente. Sin embargo, esta contradicción puede superarse con cierta facilidad si consideramos el modelo como la especificación de una teoría establecida, pero que no pertenece al campo del problema o fenómeno tratado. Estaríamos tratando entonces de *modelos teóricos* siguiendo la clasificación de Max Black, ya analizada en otros trabajos, según la cual este tipo de modelo emplea teorías establecidas que luego son incorporadas a un nuevo dominio de aplicación con el que necesariamente ha de ser isomórfico; lo que, por otra parte, es perfectamente compatible con la idea de que el modelo es una seudoteoría, una teoría aún no perfeccionada, o un paso previo para alcanzarla.

En una obra publicada en 1998, Umberto Eco entra en el problema de la distinción entre teoría y modelo, utilizando el término “abducción fragmentada” para referirse al proceso de ampliaciones sucesivas del conocimiento mediante la utilización de lo que hemos llamado modelo teórico y reconociendo, hasta cierto punto, la permanente incompletud o insatisfacción de la teoría.<sup>13</sup>

Recordemos que según la definición de Ferrater Mora<sup>14</sup> la abducción o inferencia hipotética es la forma de inferencia que agrega algo al conocimiento, formando teorías. Al estilo de Peirce, el conocimiento se obtiene partiendo de conocimientos previos y mediante el razonamiento hipotético del conocimiento de hechos exteriores. Parece estar claro que este tipo de proceso, en el que el modelo teórico —a manera de “teoría abierta”— juega un papel tan fundamental, constituye de hecho la ma-

nifestación de sucesivas propiedades emergentes, lo que, a su turno, nos remite el problema de la complejidad inevitable.

Si nos situamos ahora en el campo de la Economía hay que tener en cuenta, al hablar de los modelos económicos, que ellos predominan las definiciones implícitas y los juicios analíticos verdaderos, es decir, las tautologías. En efecto, en los modelos, junto con las relaciones causales, con las que se pueden explicar ex ante el comportamiento de un sistema, aparecen con mucha frecuencia identidades tautológicas, siempre válidas ex-post.

Por otra parte, es bien sabido que un sistema de axiomas puede interpretarse de dos formas, según se consideren estos como “hipótesis científicas” o como “convenciones”. En este segundo caso, el empleo o sentido de las ideas viene determinado por las propias convenciones. Así interpretado, un sistema de axiomas puede describirse como “definiciones implícitas” de las ideas que introducen. Por su naturaleza, un sistema axiomatizado de este tipo, no puede ser refutado por falsación de sus consecuencias.

Por estas razones consideramos que podría definirse el modelo en la Economía “*as an axiomated system in which conventions predominate over scientific hypothesis, and that cannot be refuted by falsification of its consequences*”.<sup>15</sup>

## VI. But ... there are black swans

Según el diccionario Oxford, un cisne puede definirse como “*a long-necked and usually white water-bird*”. Pero llegó el día en que se descubrió un cisne negro en Australia. ¿Qué sucede entonces, o cómo proceder desde el punto de vista de nuestro problema epistemológico?. Con otras palabras, si el color blanco constituye un atributo o categoría (antecedente) del cisne, deberíamos refutar la proposición y, por consiguiente, no tendríamos una *teoría del cisne sino un modelo*.

Sin embargo, es preciso reconocer que este enfoque o criterio popperiano resulta en verdad demasiado exigente. Para ser realista, y teniendo en cuenta cuanto hemos dicho, parece más adecuado volver al modelo teórico como un arma poderosa para desarrollar el conocimiento del fenómeno o caso analizado. Si optamos por este método o camino, entraríamos en conexión con el concepto de *emergencia* ¿Por qué?

Un modelo teórico puede considerarse como una *textura abierta* con capacidad para incorporar nuevos elementos o componentes y, en cierto sentido, como una teoría inacabada.

Tal es el caso de nuestro ejemplo del cisne negro, dado que ampliamos el campo de los atributos y características incorporando un nuevo color en vez de refutar la proposición original (inicial). Como vamos a comprobar a continuación, aceptar esta clase de novedad en el proceso tiene que ver con el concepto de emergencia y, al mismo tiempo, en un sentido más amplio, con la importante y revitalizada idea de complejidad.

Se puede concluir que como prerrequisitos de nuestro análisis ninguna teoría debe considerarse ultimada, y que los modelos son verdaderamente útiles porque descubren relaciones entre supuestos y atributos previamente o hasta entonces ocultos. En cierta medida, y siguiendo la metodología de Brian Arthur, puede añadirse que nuestra noción de modelo nos permite hablar de *asymptotic states or possible emergent structures*.<sup>16</sup>

## VII. Complejidad y emergencia

Si consideramos que un sistema es complejo en la medida en que sus propiedades no pueden explicarse de manera total y satisfactoria mediante la comprensión y el entendimiento de sus componentes, parece claro que la idea de complejidad se asocia y nos remite a la idea de emergencia. Hasta cierto punto ambas concepciones son indisociables, y ninguna de ellas puede explicarse sin recurrir a la otra.

A este respecto conviene recordar que la teoría de la emergencia puede establecerse de dos modos diferentes. En el primero de ellos la emergencia se identifica con el surgimiento de propiedades situadas en niveles más altos de una organización jerarquizada que no son predecibles partiendo de propiedades existentes en niveles más bajos. El otro enfoque postula que la existencia de propiedades más simples y formas de organización ya existentes puede contribuir a un avance creativo de la naturaleza, dando lugar a estructuras y características más complejas e irreduciblemente nuevas.

Dado que podemos definir cualquier concepto en términos lógicos utilizando sucesivas negaciones o refutaciones, aprovechemos la ocasión para acercarnos a la idea de proceso y de propiedad emergentes poniendo de relieve lo que realmente no es.

En efecto, preguntémosnos qué es lo que realmente “no significa” el concepto de emergencia. Desde luego no es una tesis trivial respecto al hecho de que las cosas cambian, ni puede entenderse como un conjunto de propiedades cuya aparición no cabe anticipar. En ningún caso debe interpretarse como una limitación al conocimiento científico provocada por un cierto tipo de indeterminación. El concepto de emergencia no constituye una totalidad rígida y unificada invulnerable a contradicciones y “falsaciones”. Teniendo en cuenta el enfoque evolucionista podemos considerar que la evolución emergente es susceptible de identificarse con un flujo incesante de novedad creadora, lo que implica una especial concepción del todo y de las partes, más allá de la configuración lineal y simple que habitualmente se asigna a todo proceso aditivo.

En relación con el concepto de emergencia hay que concederle gran importancia a los términos “todo”, “parte” y “suma”, sobre cuyos contenidos y significados Nagel hacía en los años 60 valiosísimos planteamientos.<sup>17</sup> Uno de ellos considera la palabra suma en conexión con totalidades que son sistemas organizados de partes relacionadas dinámicamente. Se sostiene que a partir de alguna teoría relativa a las partes constituyentes de, por ejemplo, un compuesto químico no pueden deducirse enunciados acerca de muchas de las propiedades de dicho compuesto. En otro de los planteamientos cabe hablar de “totalidades orgánicas o funcionales” como sistemas cuya conducta no se halla determinada por la de sus elementos particulares, sino por la naturaleza intrínseca de la totalidad. Dicho con otras palabras, las partes no actúan ni poseen características independientemente unas de otras, no siendo posible analizar de manera adecuada una totalidad funcional desde un punto de vista aditivo, ni inferir su estructura partiendo de las propiedades manifestadas por sus constituyentes al margen de la totalidad.

En relación con cuanto antecede, el profesor Fernández Rañada nos recuerda que “las propiedades emergentes aparecen al traspasar un nivel de complejidad, en el que interactúan muchos elementos a la vez” y en el que, “a partir de un cierto umbral, lo cuantitativo se hace cualitativo”.<sup>18</sup> Bajo la óptica reduccionista más tradicional, los niveles imbricados de complejidad progresiva que hoy surgen y prevalecen son considerados universos jerarquizados. No obstante, y dada la inevitable irrupción de la complejidad, habría que hablar, como sugiere Fernández Rañada, de una estructura de niveles enlazados “injerárquicamente”.

Es preciso insistir en el hecho de que el principio de emergencia no solamente se encuentra estrechamente ligado al de complejidad, sino que puede considerarse en definitiva una característica fundamental de los sistemas abiertos, jerarquizados y complejos. En este sentido Karl Popper ha escrito que “*our universe is partly causal, partly probabilistic, and partly open: it is emergent*”,<sup>19</sup> y nosotros añadiríamos ... parcialmente caótico.

El marco de referencia teórico para el caso de la Ciencia Económica relativo a los problemas que estamos considerando puede situarse en el ámbito del caos, de la complejidad y de la sinérgica, áreas todas ellas íntimamente relacionadas con los dos enfoques de emergencia ya apuntados. De hecho la Economía puede analizarse como un sistema auto-organizado, es decir, como un sistema con feed-back positivo que presenta una multiplicidad de estados asintóticos o posibles estructuras emergentes.

### VIII. Complejidad y economía

Volvamos sobre nuestros pasos y recurramos a la siempre ilustrativa evolución de la Física, cuya historia puede entenderse como una lucha constante por eliminar o evitar la complejidad de los fenómenos naturales, acudiendo a análisis simples dotados de capacidad predictiva. La teoría de los gases perfectos y la mecánica de Newton constituyen dos ejemplos bien significativos de este modo de proceder.

A partir fundamentalmente de los años cincuenta las cosas han cambiado sustancialmente, surgiendo teorías y conceptos nuevos, como es el caso de la *percolación* o de los *vidrios de spin*, por citar tan sólo otros dos ejemplos.

Como es sabido, la *percolación* o geometría del contagio puede definirse como una conexión de punta a punta en un conjunto de elementos unidos parcial y aleatoriamente. Este concepto se aplica también en los campos de la medicina y de la química, y en todos aquellos en los que el problema implique conexiones en sistemas heterogéneos y desordenados. Por su parte, en los vidrios de spin se trata de materiales magnéticos desordenados que presentan unas determinadas propiedades térmicas y magnéticas, estáticas y dinámicas.

¿Qué ha sucedido en el campo de la Economía? Como ya hemos manifestado en otras ocasiones, en la evolución del pensamiento económico

a lo largo del tiempo han prevalecido planteamientos deterministas, sin que se haya producido un punto de ruptura, o al menos de inflexión, como aconteció en la Física con la revolución cuántica y el principio de indeterminación de Heisenberg. En este marco de referencia la Economía como ciencia es concebida como un sistema simple, frente a la complejidad rica, perturbadora e indiscutible del fenómeno económico que se da en la realidad.

Pero, ¿puede plantearse y entenderse la Ciencia Económica en términos de complejidad? Evidentemente se puede y se debe, máxime cuando se trata de una ciencia empírica situada en el ámbito o grupo de las sociales, humanas o del hombre. A mayor abundamiento no hay que olvidar que la complejidad es consustancial y ubicua, pudiendo encontrarse incluso en la poesía, como nos revela Octavio Paz cuando, posiblemente sin advertirlo, define con palabras bellas y profundas lo que es un sistema complejo al referirse a los poemas: “Cada poema es un pequeño universo de ecos y correspondencias. Es una armonía que no excluye ni las rupturas ni las disonancias: su tejido verbal reproduce las asociaciones y separaciones, las coincidencias y los accidentes que son nuestras vidas”.<sup>20</sup>

Si recordamos los tres tipos de complejidad considerados por Atlan, podría comprobarse con facilidad que la Economía exhibe o presenta todos ellos, tanto los cuantitativos como el tipo esencialmente cualitativo. En efecto, además de la complejidad natural probabilística, la más propia y directa, se da la complejidad algorítmica, por ejemplo en el tratamiento con computadores de los modelos de equilibrio, tal como hace Scarf en sus conocidos trabajos sobre la materia. Asimismo, puede hablarse sin titubeo de una complejidad de apreciación en la Ciencia Económica, lo que por otra parte supone reconocer y admitir la existencia de un indeterminismo subjetivo en el sentido que ya vimos con anterioridad.

A todo ello hay que añadir un segundo tipo o definición estricta de complejidad que suele utilizarse en Economía en los trabajos más recientes de los especialistas. En ellos se emplea el término “complejo” para referirse a los casos en que el comportamiento a largo plazo de la dinámica es más complicado que un punto fijo, un ciclo límite, o un toro; o lo que es lo mismo, según ya sabemos, cuando se produce un comportamiento caótico. Como hemos demostrado en otros trabajos, importantes apartados del Análisis Económico y de la Política Económica caen de



lleno y pueden incluirse, en este sentido, en el ámbito de la Economía de la Complejidad.<sup>21</sup>

Abundando en la noción de complejidad resultan esclarecedoras las palabras del profesor Nieto de Alba<sup>22</sup> al distinguir entre “la economía de lo simple, como economía del ser, del tiempo lineal y de la estabilidad”, y “la economía del devenir, en la que reina la inestabilidad, el azar y lo diverso, es decir, la economía de la complejidad”. Con el fin de enfrentarse a los nuevos valores y realidades emergentes y a las rupturas de simetría que ello provoca, es preciso crear formas de organización más adecuadas a los mayores niveles de complejidad.

El concepto de complejidad no es realmente nuevo, habiendo evolucionado a lo largo del tiempo, pudiéndose hablar en la actualidad de una tercera fase u ola. En esta última etapa destacan las conexiones con la teoría de catástrofes, con la existencia de comportamiento caótico, con los algoritmos genéticos, con los autómatas celulares y con la criticalidad auto-organizada, entre otras.

En el análisis de los sistemas dinámicos complejos estas conexiones resultan determinantes, fortaleciendo el campo de las ideas o mediante el apoyo logístico que supone, en ocasiones, su arsenal matemático. Tales son los casos, de manera muy especial, de la teoría de catástrofes y de la teoría del caos. Dado que de esta última nos estamos ocupando y nos ocuparemos con detalle a lo largo de esta obra, hagamos una breve referencia a la primera de ellas teniendo en cuenta que en su momento consideraremos la posibilidad de aplicarla a un problema económico concreto, como es el de la *stagflation* o inflación con paro.

La Teoría de Catástrofes, de naturaleza topológica, tiene como objetivo el tratamiento de las discontinuidades observables en el comportamiento de los sistemas dinámicos cuantitativos, sean lineales o no-lineales. Supone, sin lugar a dudas, una contribución importante al desarrollo de la dinámica y de la topología diferenciales, aunque resulta un enfoque fundamentalmente programático si se tiene en cuenta, como nos recuerda el mismo Thom, que *là où il n’y a pas de théorème, il n’y a pas de théorie*.<sup>23</sup>

La idea filosófica esencial subyacente en la Teoría de Catástrofes es que todo fenómeno, toda forma espacio-temporal debe su origen a una distinción cualitativa de los modos de acción del tiempo en las cosas. La dinámica no es, efectivamente, sino el estudio del modo de acción del tiempo en los sistemas, la teoría del *vieillissement*.

Puede considerarse en cierto sentido como una teoría matemática, dado que utiliza conceptos y formalizaciones matemáticas, pero ello es muy distinto de identificarla con una “teoría de la matemática”. Entre los instrumentos empleados más habitualmente destacamos la teoría de las singularidades de aplicaciones diferenciables, las singularidades de formas diferenciales, la teoría de la bifurcación, y la estructura de atractores en dinámica cualitativa, todos ellos parte esencial del utillaje algorítmico de la Teoría de Catástrofes. Así como la bifurcación constituye un concepto matemático, en el caso de las catástrofes se trata de un concepto fenomenológico susceptible de una representación matemática estricta tan sólo muy excepcionalmente.

La Teoría de Catástrofes, como la Matemática del Caos, no provoca precisamente el entusiasmo de los matemáticos clásicos o de tradición, y así lo reconoce el prestigioso fundador de esta corriente: rechazada por los científicos de obediencia positivista por su incapacidad para admitir un estricto control experimental, también es repudiada por los matemáticos que no ven en ella sino un discurso bastante mal formalizado, falto frecuentemente de rigor y, en cualquier caso, extra matemático, dado que descansa sobre el mundo exterior.

La mayor parte de los autores coinciden en que la Teoría de Catástrofes y la Matemática del Caos pueden considerarse dos enfoques de una teoría general de la dinámica de las discontinuidades. Ambos tienen de común tomar como base de partida la idea de bifurcación o desdoblamiento del equilibrio en puntos críticos, así como el hecho de que las relaciones funcionales son con mayor frecuencia del tipo no-lineal.

Pero difieren en que unas discontinuidades se plantean a gran escala, la Teoría de Catástrofes, y otras a pequeña escala, la Teoría o Matemática del Caos. La Teoría de Catástrofes es, pues, un caso especial de la teoría de la bifurcación, debida originariamente a Poincaré, que contempla el mundo como esencialmente uniforme y estable, pero sujeto a cambios súbitos e imprevistos o discontinuidades a gran escala que se producen en determinadas variables de estado.

En efecto, y como veremos a continuación, las catástrofes elementales son los lugares de los valores de bifurcación de los parámetros de los que dependen las familias estables de funciones o de campos de vectores diferenciables. A estos valores, que son puntos, curvas o superficies, co-

rresponden puntos singulares degenerados de dichas funciones o campos, puntos donde la variedad de los equilibrios modifica su forma.

El punto de partida de la denominada Teoría de Catástrofes puede encontrarse en los trabajos de René Thom y de Christopher Zeeman, a finales de los sesenta y principios de los setenta. El primero de ellos, un matemático surgido de la prestigiosa École Normale Supérieure, es un topólogo interesado en relacionar el cálculo de variaciones y las singularidades topológicas de Whitney, especialista también en topología en el Institute for Advanced Studies de Princeton.

Inspirado en la geometría diferencial de curvas y superficies de Gaston Darboux y usando la teoría de los sistemas dinámicos originada por el genial Henri Poincaré, René Thom modeliza los cambios discontinuos en los fenómenos naturales, con especial énfasis en la biología, poniendo de relieve la importancia de la estabilidad estructural o insensibilidad a pequeñas perturbaciones.

En su libro *Structural Stability and Morphogenesis*, publicado en 1972, Thom afirma que lo que ofrece no es una teoría, sino un método que, con el fin de entender el fenómeno objeto de estudio, permite describir los modelos dinámicos compatibles con una morfología dada. Su enfoque es preferentemente cualitativo, aunque confía en el desarrollo ulterior de modelos cuantitativos por parte de otros teóricos.

Esto es lo que pretende y realiza fundamentalmente Zeeman, un matemático inglés que se doctorara en Cambridge en 1954 con una tesis sobre “teoría de ligaduras”, y que es el autor de la famosa máquina de catástrofes. Precisamente en este intento de pasar de una descripción cualitativa a la verificación cuantitativa se centra parte de la controversia en torno a la Teoría de Catástrofes como capítulo de la matemática.

Lo que en cualquier caso resulta incuestionable es la necesidad de modelizar fenómenos respecto a los cuales se pretenda un análisis dinámico en el que, eventualmente, puedan presentarse puntos de discontinuidades, saltos bruscos, o catástrofes. Otra cosa es que el nuevo enfoque resulte más fructífero y adecuado a la interpretación y solución de problemas concretos así como en sus posibilidades de cuantificación.

Entrando ya en el tema propiamente dicho, podría definirse o considerarse la Teoría de Catástrofes como un método matemático para describir la evolución de formas en la naturaleza y que trata de explicar cómo y

por qué la acción continua de fuerzas provoca cambios bruscos e insospechados.

Supongamos que partimos del sistema dinámico

$$\frac{dx_i}{dt} = \mathbf{I}_i(x_i, v_h, t) \Rightarrow \begin{matrix} 1 \\ i = 1, 2, \dots, n \\ h = 1, 2, \dots, m \end{matrix}$$

donde representamos con  $x$  las variables de estado de dimensión  $n$ , y con  $v$  las variables de entrada, exógenas o de control de dimensión  $m$ .

El comportamiento de este sistema y de sus deformaciones puede describirse utilizando un campo escalar  $V(x, p)$ , es decir, asociándole un conjunto de aplicaciones diferenciables o de funciones equivalentes que sirven para analizar el equilibrio a largo plazo del sistema  $\mathbf{I}$ :

$$V(x, p): M^{(n+k)} \rightarrow R.$$

$V(x, p)$  es un campo escalar y sirve como decimos para describir el sistema y sus deformaciones, sirve para analizar la estabilidad, o inestabilidad, aparición, desaparición y desdoblamiento de equilibrios a largo plazo. Existe cierta relación entre  $V(x, p)$  y  $\mathbf{I}_i$ ; mientras que la primera resume el comportamiento del sistema a largo plazo, de sus equilibrios, el segundo es el propio sistema dinámico, y nos dice como cambia cada una de las variables de estado en cada momento.

Estas funciones, que son las “catástrofes elementales” de Thom dependen de  $n + k$  variables, representando con  $x$  el conjunto de  $n$  variables de estado, rápidas o de comportamiento, y con  $p$  el conjunto de  $k$  parámetros de control o variables lentas.

Los puntos de equilibrio del sistema,  $x = x^*$ , son puntos críticos de la función  $V(x, p)$ . En el caso cuando tenemos sólo una variable de estado los puntos críticos se determinan de la condición:

$$\frac{dV}{dx}(x^*, p) = 0.$$

Se denomina espacio de estabilidad o espacio de despliegue universal de la catástrofe (o *manifold*), el definido por el conjunto de puntos de equilibrio  $x^*$  correspondientes a los diferentes valores de  $p$ . La proyección de  $M$  sobre el espacio definido por los ejes de las variables lentas se llama espacio de control  $C$ .

Mediante estas funciones se da una interpretación topológica de las discontinuidades observadas en el comportamiento de los sistemas, siendo la proyección de estas discontinuidades sobre  $C$  los puntos de singularidades de las catástrofes.

El análisis de las catástrofes elementales constituye el punto central de la teoría, especialmente si se contempla con la óptica de las aplicaciones a los diversos campos de la ciencia, destacando el estudio de las siete catástrofes elementales que René Thom realizara en 1969.<sup>24</sup>

Tan sólo nos resta en este apartado una referencia al problema o fenómeno de la criticalidad auto-organizada, proyectable en el campo de la Economía, y que, como hemos dicho, desemboca en posibles estructuras emergentes que se presentan, o cabe interpretar, como inequívocas manifestaciones de la complejidad.

Puede afirmarse que los sistemas complejos presentan con frecuencia propiedades de autoorganización de una manera espontánea en el sentido, por una parte, que tienden a evolucionar hacia un comportamiento claramente ordenado, y que responden a leyes o pautas constantes y de gran sencillez, por otra.<sup>25</sup> Así sucede, por ejemplo, con la *ley de Zipf*, aplicable al análisis del urbanismo y de la economía regional, y que se basa en la existencia de una ley de potencia. En efecto, dicha ley establece que la distribución del tamaño de las ciudades se ajusta con gran precisión a una ley de potencia según la cual el número de ciudades cuya población es superior a una determinada cantidad  $S$  es proporcional a  $1/S$ : [ $\text{Prob}(\text{tamaño} > S) = a/S$ ]. Esto implica que si ordenamos de mayor a menor población las distintas ciudades de una región, parece existir algún principio oculto que establece que la población de cada ciudad es inversamente proporcional a su número de orden, es decir:

$$\text{Población}(i) = \frac{a}{N_i}^\beta \Rightarrow \beta = 1$$

y siendo  $N_i$  el orden o rango de la ciudad  $i$  (ordenadas de mayor a menor población) y a la población de la ciudad más poblada  $a = \text{Población}(1)$ . Si esta ley de Zipf se cumpliera al pie de la letra implicaría que la ciudad 2 tiene justo la mitad de la población que la ciudad 1, la ciudad número 3 un tercio de esa población, y así sucesivamente. Obviamente esta ley no se cumple al pie de la letra, sin embargo, ajusta muy bien la relación entre el rango y el tamaño para un considerable número de países. A

modo ilustrativo mostramos en la figura 2 la representación gráfica de esta ley de Zipf para el caso de las ciudades de España. En el se observa cómo, una vez que se han descendido varios puestos en la clasificación de las ciudades, la relación entre rango y tamaño establecida por la ley de Zipf comienza a revelarse con una exactitud pasmosa.

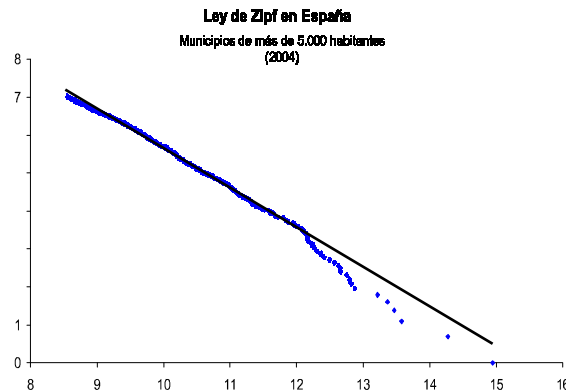


Figura 2. Ley de Zipf en las ciudades de España con más de 5,000 habitantes

Hay otros muchos fenómenos en Economía y en otros campos científicos que se guían por una misma ley de potencia, y se están llevando a cabo en la actualidad investigaciones interdisciplinarias que permitan localizar y aislar este tipo de explicaciones científicas. El concepto seminal de “criticalidad auto-organizada”, expuesto a través del modelo “sandpile” de Bak (1996), ha sido aplicado a las fluctuaciones económicas, y por Krugman en su nueva visión de la geografía económica y de la economía espacial.

En el marco de nuestras propias investigaciones, se utilizan leyes de potencia y planteamientos de esta naturaleza en el estudio y el tratamiento de los mercados de capitales, así como en otras aplicaciones menos conocidas.<sup>26</sup>

## IX. Una reflexión final en el ámbito de la política económica

En su momento definíamos el modelo económico que desde su publicación en 1972 para un amplísimo grupo de académicos se convirtió en seminal pues venía acompañada por una tipología en la que localizábamos el *modelo de decisión* o de Política Económica, desarrollado amplia-

mente a partir de los años 50 del siglo pasado por la escuela Nórdica de Política Económica.

El análisis, planteado tanto en términos de objetivos fijos como usando un criterio de optimización, es de carácter estático. En general, el problema, en términos estáticos, se reduce a actuar sobre algunas de las variables exógenas: aquellas que, siendo susceptibles de ser mejoradas por el político, son seleccionadas como parámetros de acción, con el fin de lograr el equilibrio más satisfactorio, bien en términos de objetivos fijos, señalados por el *policy-maker* (enfoque de Tinbergen), bien optimizando una función de *pérdida social* en la que se incluyen objetivos e instrumentos (enfoque de Theil).

Sin embargo, en cualquiera de estos planteamientos estáticos obtenemos una pobre representación de la realidad, ya que las variables exógenas no instrumentos, se consideran constantes, cuando, de hecho, tanto los gustos como las cantidades de factores y la tecnología están variando continuamente. En definitiva, un mayor realismo en el conocimiento de los hechos económicos nos llevaría a considerar un enfoque que tenga en cuenta la trayectoria temporal que siguen las distintas variables económicas que caracterizan el sistema, esto es, un planteamiento de la política económica en términos dinámicos y no estáticos, como hasta ahora.

Supongamos un sistema cualquiera que evoluciona a lo largo del tiempo. El gestor del mismo dispone de un conjunto de  $m$  instrumentos para actuar sobre el sistema en cada instante del tiempo  $t$ . A estos instrumentos los llamaremos variables de decisión o variables de control, y las designamos por

$$u(t) = u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t).$$

El Estado del sistema, que evidentemente cambiará a lo largo del tiempo, puede ser representado por un conjunto de  $n$  funciones del tiempo  $x(t) = x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$ , que llamaremos variables de estado. Estas variables variarán a lo largo del tiempo según cuáles sean los valores tomados por las variables de decisión y según haya sido el valor o estado de ellas mismas en el pasado.

El problema consiste ahora en encontrar la trayectoria de control, en el periodo  $[0, T]$  de planificación, que maximiza la funcional:<sup>27</sup>

$$\mathbf{I}[x(t), u(t)] = \int_0^T L[x(t), u(t)] dt.$$

Estando definida la evolución del sistema por las ecuaciones de estado

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = f_i [x(t), u(t), t] \quad (i = 1, 2, \dots, n),$$

siendo el estado inicial:

$$x_i(0) = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

y debiendo cumplirse la relación:

$$u(t) \in Q \quad \forall t \in [0, T].$$

Está claro que se tiene en cuenta la interdependencia de las distintas decisiones, no sólo en cada instante del tiempo, sino a lo largo de todo el proceso. Esta es la razón principal por la cual, desde el punto de vista metodológico, este planteamiento es superior al de los modelos estáticos.

Para resolver los problemas derivados de este enfoque, existen tres técnicas básicas bien conocidas y en las que aquí no entramos: el cálculo de variaciones, el principio de Pontryagin y la programación dinámica.

De lo anterior se deduce que cuando utilizamos modelos dinámicos el problema de política económica presenta gran semejanza con el problema de control óptimo, pues ambos tratan de definir una fase temporal del vector-control (o vector de los instrumentos), el cual es óptimo en determinado sentido y dentro de un conjunto de trayectorias posibles.

## Notas

<sup>1</sup> Shackle 1966, p. 30.

<sup>2</sup> Bachelard 1987, p. 5.

<sup>3</sup> Shackle 1966, p. 15.

<sup>4</sup> Bachelard 1987, p. 152.

<sup>5</sup> Emmer 1967, p. 22.

<sup>6</sup> Cuando empleamos estos términos lo hacemos en un sentido distinto al que normalmente tienen; es decir, menos rígido y más acorde con los fines y problemas de las ciencias sociales. En torno a este enfoque, véase Granger 1965, pp. 193–194.

<sup>7</sup> Véase Dagum 1988.

<sup>8</sup> Popper 1982, pp. 114–130.

<sup>9</sup> Popper 1962, pp. 75–88.

<sup>10</sup> Como es usual en la lógica simbólica el sombrero de la  $x$  significa “para todo”, y entonces debe leerse ‘para todo  $x$  y para todo  $y$ ,  $y = 2x$ ’.

<sup>11</sup> Véase Fernández Díaz 1966, pp. 423–434; y Papandreou 1996, pp. 123–131.

<sup>12</sup> Véase Fernández Díaz 1966, pp. 430–432; y Bergman 1961, pp. 37–38.

<sup>13</sup> En realidad, las ideas vertidas por Umberto Eco en *Kant y el ornitorrinco* (1999), al menos en lo que a este aspecto se refieren, se hallan en nuestros trabajos ya citados (Fernández Díaz 1966, 1969 y 1972), algunos de ellos publicados en italiano. A estos y otros ensayos hay que añadir el posterior (1999) con el título “The Black Swan: Theories, Models and Emergence”.

<sup>14</sup> Ferrater Mora 1994: véase “abducción”.

<sup>15</sup> Fernández Díaz 1999, p. 141. Véase también Fernández Díaz 1979, p. 154, y Fernández Díaz 1972, p. 15.



- <sup>16</sup> Arthur 1988, p. 9.  
<sup>17</sup> Nagel 1968, pp. 347–358.  
<sup>18</sup> Fernández Rañada 1995, pp. 142-143.  
<sup>19</sup> Popper 1982, p. 130.  
<sup>20</sup> Paz 1991, p. 78.  
<sup>21</sup> Véase Fernández Díaz y Escot Mangas 2007, pp. 157–161.  
<sup>22</sup> Nieto de Alba 1998, p. 237.  
<sup>23</sup> Thom 1990, p. 521.  
<sup>24</sup> Fernández Díaz 1987, pp. 104–111.  
<sup>25</sup> Krugman 1997, pp. 52 y siguientes.  
<sup>26</sup> Fernández Díaz 2008, pp. 86-89.  
<sup>27</sup> Fernández Díaz 1979, pp. 170-174. Nota: Definimos la funcional como una aplicación lineal de un espacio funcional en otro, esto es un espacio de funciones en otro espacio de funciones. Recuérdese también que determinante funcional es sinónimo de jacobiano.

### Referencias bibliográficas

- Agnati, A., D. Cantarelli y A. Montesano (eds.), 1988, *Studi in Memoria di Tullio Bagnoli*, CEDAM-Case Editrice Dott, Padua.
- Anderson, P.W., K.J. Arrow y D. Pines (eds.), 1988, *The Economy as an Evolving Complex System*, Addison-Wesley, Reading.
- Arthur, W.B., 1988, “Self-Reinforcing Mechanisms in Economics”, en Anderson *et al.* 1988, pp. 9–32.
- Bachelard, G. 1987, *Le nouvel esprit scientifique*, Quadrige-Presses Universitaires de France, Paris.
- Bergmann, G. 1961, *Filosofía de la Ciencia*, Editorial Tecnos, Madrid.
- Dagum, C., 1988, “Economic Model, System and Structure. Philosophy of Science and Lakatos Methodology of Scientific Research Programs”, en Agnati, *al.* 1988.
- Dupuy, J.P., 1991, “Héraut de la complexité”, en Pessis-Pasternak 2007.
- Pessis-Pasternak, G., 2007, *Faut-il Brûler Descartes?*, Éditions la Découverte, París.
- Emmer, R.E., 1967, *Economic Analysis and Scientific Philosophy*, George Allen and Unwin, Londres.
- Fernández Díaz, A., 2008, *Un mundo poliédrico*, Delta Publicaciones, Madrid.
- , 2001, “Entre el ruido blanco y el ruido negro: nuevos enfoques en el análisis de los mercados financieros”, en García Barreno *et al.*
- , 2000, *Dinámica caótica en economía*, McGraw-Hill, Madrid.
- , 1999, “The Black Swan: Theories, Models and Emergency”, *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 93, no. 1.
- , 1987, *Política económica coyuntural*, Editorial AC, Madrid.
- , 1979, *Introducción y metodología de la política económica*, Ediciones ICE, Madrid.
- , 1972, “Sull’uso dei modello nell’analisi economica e nella politica economica”, *Revista di Politica Economica*.

- , 1966, “Sobre la naturaleza y los límites de los modelos en la Ciencia Económica”, *Revista de Economía*, no. 93.
- Fernández Díaz, A. y Escot Mangas, L., 2007, “Caos y complejidad en la economía. Una introducción a la dinámica económica caótica”, en Jardón Urrieta 2007, pp. 155–211.
- García Barreno, P., S. Ríos García y J. Girón González, 2002, *Toma de decisiones en ambientes profesionales*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Instituto de España, Madrid.
- Jardón Urrieta, J.J. (ed.), *Evolucionismo económico, instituciones y sistemas complejos adaptativos*, Editorial Porrúa, México.
- Fernández Rañada, A., 1995, *Los muchos rostros de la ciencia*, Editorial Nobel, Oviedo.
- Ferrater Mora, J., 1994, *Diccionario de Filosofía*, Ariel, Barcelona.
- Fogelman, F. Soulié y M. Milgram (eds.), 1991, *Les Théories de la complexité*, Seuil, París.
- Granger, G.-G., 1965, *Formalismo y ciencia humanas*, Ariel, Barcelona.
- Koppel, M., H. Atlan y J.-P. Dupuy, 1991, “Complexité et aliénation. Formalisation de la conjecture de Von Foerster”, en Fogelman y Milgram 1991.
- Krugman, P. 1996, *La organización espontánea de la economía*, Antoni Bosch, Barcelona.
- Morín, E., 1992, *El Método. Tomo IV. Las Ideas*, Ediciones Cátedra, Madrid.
- Nagel, E., 1968, *La estructura de la ciencia*, Paidós, Buenos Aires.
- Nieto de Alba, U., 1998, *Historia del tiempo en economía*, McGraw-Hill, Madrid.
- Papandreou, A.G., 1961, *La economía como ciencia*, Ediciones Ariel, Barcelona.
- Paz, O., 1991, *Convergencias*, Seix-Barral, Barcelona.
- Popper, K.R., 1962, *La lógica de la investigación científica*, Editorial Tecnos, Madrid.
- , 1982, *The Open Universe*, Hutchinson, London.
- Shackle, G.L.S., 1966, *The Nature of Economic Thought*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Thom, R., 1990, *Apologie du logos*, Hachette, París.

*Publicaciones de la Cátedra Bolívar.*  
*Facultad de Economía y Empresa de la USC. Director Luis Caramés Vieitez*  
*Temas de Teoría Económica*  
*Documentos 103 a 118 de la Serie Economic Development de la USC*

Los Temas de Teoría Económica han sido publicados en formato impreso en el año 2008 por la Cátedra Bolívar: <http://www.usc.es/es/gobierno/vrrrelins/catedras/bolivar/index.html>  
USC= Universidad de Santiago de Compostela (España)  
UMSNH= Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (México)

**ACCESO A LOS DOCUMENTOS** del año 2011 en la Web de la serie *Economic Development*, en la base internacional Ideas.Repec: <http://ideas.repec.org/s/eea/ecodev.html>

- Documento 103: "INTRODUCCIÓN A LAS INTERRELACIONES DE LA METODOLOGÍA EN TEMAS DE ECONOMÍA". Juan José Jardón Urrieta. UMSNH, México
- Documento 104: "FILOSOFÍA Y METODOLOGÍA DE LA ECONOMÍA", Uskali Mäki, Academy of Finland, University of Helsinki, Finland
- Documento 105: "METODOLOGÍA Y POLÍTICA ECONÓMICA: UNA RECONSIDERACIÓN", Andrés FERNÁNDEZ DÍAZ, Lorenzo Escot Mangas, Facultad de Economía, Universidad Complutense de Madrid (UCM), España
- Documento 106. "UNA TIPOLOGÍA DE MODELOS ECONÓMICOS", Leobardo Plata Pérez, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, México
- Documento 107. "¿QUÉ PAPEL HAN JUGADO LOS MODELOS EN ECONOMÍA?", Alfonso Ávila De Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango, México
- Documento 108. "CRECIMIENTO ECONÓMICO: UN DEBATE CENTRAL DE LAS ECONOMÍAS CLÁSICA Y MARXISTA", Gabriel Mendoza Pichardo, Facultad de Economía, UNAM, México
- Documento 109. "LA DISCUSIÓN ACTUAL SOBRE EL PROBLEMA DE LA TRANSFORMACIÓN DE VALORES A PRECIOS DE PRODUCCIÓN", Alejandro Valle Baeza, Facultad de Economía, UNAM, México
- Documento 110. "LA ESCUELA AUSTRÍACA: ¿UNA PROPUESTA METODOLÓGICA ACTUAL?", Eduardo Scarano, FCPS, Universidad de Buenos Aires, Argentina
- Documento 111. "¿PARA QUÉ SE ESTUDIA LA TEORÍA ECONÓMICA?", Hall R. Varian, School of Information. University of California Berkeley, USA
- Documento 112. "LA PERSPECTIVA DE LA MACROECONOMÍA POSTWALRASIANA", David Colander, Department of Economics, Middlebury College, Vermont, USA
- Documento 113. "ALGUNOS PRINCIPIOS FINANCIEROS QUE SON CONSISTENTES CON EL POSTULADO DE RACIONALIDAD ECONÓMICA, Francisco Venegas-Martínez, Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional, México
- Documento 114. "LOS MODELOS ECONOMÉTRICOS Y EL REALISMO ECONÓMICO", Willy W. Cortez, CUCEA, Universidad de Guadalajara, México
- Documento 115. "FACTORES QUE INCIDEN EN EL STATUS EPISTEMOLÓGICO DE LA ECONOMETRÍA", María-Carmen GUIÁN, Universidad de Santiago de Compostela, España
- Documento 116. "SELECCIÓN NATURAL: UNA VISIÓN ARQUITECTÓNICA Y UN TRASVASE CONCEPTUAL DESDE LA ECONOMÍA, Mario Casanueva López
- Documento 117. "LA TEORÍA DE JUEGOS EVOLUTIVOS, NATURALEZA Y RACIONALIDAD", Elvio Accinelli. Facultad de Economía UASLP y UAM-1, México
- Documento 118. "LAS VARIABLES LATENTES COMO EL NÚCLEO DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE LA TEORÍA EVOLUCIONISTA, Juan José Jardón Urrieta (UMSNH), Mexico y Adolfo García de la Sienra, Instituto de Filosofía. Facultad de Economía. Universidad Veracruzana, México.