

ECONOFÍSICA: EN BUSCA DE UN CABALLO PERFECTAMENTE ESFÉRICO Y DE MASA DESPRECIABLE

José Carlos Antoranz Callejo

Daniel Rodríguez Pérez

Dpto. Física Matemática y de Fluidos, UNED, Madrid

A new scientific truth does not triumph by convincing its opponents and making them see the light, but rather because its opponents eventually die, and a new generation grows up that is familiar with it.
Max Planck, *Scientific Autobiography and Other Papers* (Philosophical Library, New York, 1949)

RESUMEN

En este artículo, se analiza a través de símiles históricos el estado de la contribución de la Física a la Economía. Para ello se hace un repaso del modo de funcionamiento de la Física, o mejor dicho, del modo de proceder de los físicos. Ésta es la principal aportación de una ciencia a la otra: una forma diferente de aproximarse a los problemas complejos a los que se enfrenta la economía. En la discusión planteamos, de estos problemas, los que consideramos más relevantes: el cambio de paradigma en las operaciones económicas, que ahora se llevan a cabo mediante sistemas informatizados, y la necesidad de, llegado al grado de complejidad que tienen tanto la economía como la ciencia económica en la actualidad, una necesaria revolución en la forma de “mirar” de los economistas. Con ello proponemos que lo que se necesita en Economía es lo que tantas veces se ha buscado (y encontrado) en física: un modelo o una serie de modelos muy sencillos que capten, de manera totalmente nueva, la “esencia” del problema. Este modelo, el caballo esférico de masa despreciable, aunque erróneo (como los anteriores), será útil.

1. INTRODUCCIÓN

Hay dos disciplinas científicas que sustentan dos de las preocupaciones dominantes en la vida diaria de todas las personas en este momento: la economía y la medicina. En este artículo exploraremos cómo la economía del siglo XXI podría beneficiarse de los avances de la física, igual que la medicina lo ha hecho a lo largo del siglo XX. Para llevar a cabo este análisis, vamos a presentar logros que ya ha acometido la física aplicada a temas económicos, y los que, previsiblemente, pueda hacer en los próximos decenios.

Nuestro argumento será que, igual que la física ha progresado enormemente buscando modelos tan abstractos como un “caballo esférico de masa despreciable”, quizás los físicos puedan ayudar en esta búsqueda de nuevos modelos en economía, tan extraños como el del caballo, pero seguramente tan útiles. Y, para comprender los logros de la física y, por tanto, las posibles contribuciones, convendrá establecer primero las características del trabajo de los físicos.

1.1. Qué buscan los físicos (y cómo lo hacen)

Sucede que los físicos son casi perfectamente adecuados para invadir las disciplinas de los demás, siendo no sólo extraordinariamente listos, sino además y en general, mucho más

cuidadosos que la mayoría en los problemas que eligen estudiar. Los físicos tienden a verse a sí mismos como los señores de la jungla académica, considerando sus propios métodos por encima de los de cualesquiera otros y guardando celosamente su propio territorio. Pero sus alter ego son felices tomando prestadas ideas y técnicas de cualquier sitio si parece que puedan ser útiles, y están encantados de irrumpir en el problema de los otros. Por irritante que esta actitud sea para todos los demás, la llegada de los físicos a un área de investigación a menudo preludia un periodo apasionante y de grandes descubrimientos. Los matemáticos hacen lo mismo ocasionalmente, pero nadie más desciende con tal furia y en tan gran número como los físicos hambrientos, adrenalizados por el aroma de un nuevo problema.

Duncan Watts, Six degrees: The science of a connected age, NY 2003

Esta cita del sociólogo Duncan Watts [1] -a pesar de sobrevalorar la actividad de los físicos- pone de manifiesto el espíritu conquistador que se despierta en un físico ante un nuevo problema. Siguiendo el esquema de toda colonización, el físico a menudo interviene en las fases de descubrimiento y conquista, aunque luego ceda a otros la explotación de lo colonizado, continuando él en busca de nuevos territorios. Pongamos, por ejemplo, a Marie Curie, precursora del estudio de la radiactividad (descubridora del polonio y el radio, que aisló entre toneladas de pechblenda) y conquistadora del nuevo campo de la radioterapia en medicina (desarrollado durante la I Guerra Mundial como método de aniquilación del tejido muerto para evitar la sepsis), pero que años más tarde reconocería que no podía comprar el gramo de Radio que necesitaba para continuar con sus investigaciones [2]¹. Pocos años más tarde de su muerte, en 1938, se descubriría el isótopo cobalto-60, que sería explotado en las bombas de cobalto a partir de 1951 por empresas dedicadas a la radioterapia oncológica.

Lo que llama a los físicos a esta conquista es su particular formación: son instruidos tanto para plantear problemas como para resolverlos, y con la peculiaridad de que son problemas atados por los hechos naturales y determinados experimentalmente. Esto excluye toda especulación, aunque no una buena dosis de intuición. Un físico entrenado es capaz de establecer semejanzas entre sistemas muy diferentes entre sí, reutilizando soluciones para nuevos problemas. Y aquí entra la otra peculiaridad de la formación del físico: el físico es un usuario adicto de las herramientas matemáticas, hasta el punto de que ningún problema de física se puede resolver si no se plantea antes en lenguaje matemático; nada que no sea matematizable, se considera física. Lo que no se puede concluir por un análisis matemático y de los modelos físicos expresados en ese lenguaje, no se considera un hecho probado, sólo un conjunto de observaciones o, cuando más, de hipótesis. No obstante, los físicos han desarrollado métodos muy ingeniosos para expresar de forma matemática muchas propiedades de los sistemas naturales. Y esto, hace que los físicos sean también generadores de herramientas matemáticas, o al menos de sus necesidades.

A diferencia de otras disciplinas, la física está obsesionada con la simplicidad. Es famosa la frase de Albert Einstein sobre la elegancia de una teoría física: *“Todo se debe hacer tan simple como sea posible, pero no más simple”* [3]²; aunque ésta última parte se complementa con otra frase de Einstein: *“Si lo que quieres es describir la verdad, deja la elegancia para el sastre”* (particularmente las teorías de Einstein son consideradas por los físicos como las más elegantes, por su forma de desarrollarlas a partir de las hipótesis más sencillas posibles). Una formulación simple permite comprobar experimentalmente si una hipótesis o teoría es cierta; una formulación compleja, no (o una hipótesis compleja, con muchos elementos). El ejemplo paradigmático de este exceso de simplificación es la teoría de la gravitación de Newton. Newton dedica una parte importante del primer

1 En su biografía Eve Curie cuenta la siguiente conversación con una admiradora estadounidense, Mrs. Meloney: “Yo (Mrs Meloney) le sugerí que podría obtener ingresos patentando sus descubrimientos. Dichos ingresos la habrían convertido en una mujer muy rica. Ella, tranquilamente, respondió: ‘El Radio no existe para enriquecer a nadie. El Radio es un elemento. Pertenece a toda las personas.’”

2 Existe una cita análoga, con el mismo sentido, de Newton: “A la Naturaleza le gusta la simplicidad, y no se ve afectada por la pompa de las causas superfluas”.

libro de sus Principia [4] a demostrar que la descripción del movimiento de un cuerpo se puede reducir a la descripción del movimiento de su centro de masas (un punto, un único punto). Así luego, cuando plantea su teoría de la gravitación universal, que describe las fuerzas que originan el movimiento de los cuerpos celestes, tal como lo había caracterizado Kepler, reduce el Sol, la Tierra y la Luna a tres puntos en mutua interacción; y con este modelo también explica el fenómeno de las mareas (en el libro tercero). No se puede imaginar una forma más simple de describir una interacción entre los cuerpos celestes. No en vano, se considera a Newton el padre de la Física moderna, basada en una formulación matemática.

Se dice que los físicos buscan describir el universo con una única ecuación y, a ser posible, corta. Esto no es así. Lo que buscan los físicos son ecuaciones sencillas que les permitan decidir, mediante un experimento sencillo, “esto es cierto”, o “esto es falso”. Otro motivo que les mueve está basado en la experiencia de que, cuando se capta correctamente un concepto importante de la Naturaleza, éste permite simplificar las ecuaciones sobre el comportamiento de ésta (véase la nota 2). Por ejemplo, las tres leyes de Newton de la mecánica, con la ley de gravitación universal, se pueden simplificar en un único principio de mínima acción de Lagrange: tres ecuaciones (y un axioma), se reducen al problema de minimizar una única función. A pesar de que, matemáticamente, la solución sea más engorrosa, algo se debe haber hecho bien si se reduce la complejidad en el planteamiento del problema. Y, además, esto lleva a la recompensa de reconocer nuevos principios de minimización, como el principio de Fermat de la óptica (que, a su vez, simplifica las leyes de reflexión y refracción a un único principio extremal). Quizás la última palabra en este sentido la haya dicho Emmy Noether (una matemática, en este caso, aunque venerada por los físicos como una de las suyas) demostrando que a toda simetría en la acción de Lagrange de un sistema le corresponde una ley de conservación, y que su teorema “*Resume todos los teoremas conocidos de la mecánica sobre primeras integrales del movimiento*” [5]. Desde entonces, la física trata, sobre todo, de establecer las leyes de conservación del Universo.

Pero, a pesar de la simplicidad que persiguen los físicos, siempre buscan, quizás de forma obsesiva, el experimento que viole sus reglas simples. Las ecuaciones permiten predecir; los experimentos buscan los casos en que esas predicciones puedan fallar. Y esos fallos aparecen. Como reconoce el estadístico George Box, “*Todos los modelos son falsos, pero algunos modelos son útiles*” [6]. Cuando algo se sale de la norma, los físicos amplían la norma: por eso una de sus pasiones es la búsqueda de contraejemplos que enriquecen la ley y hacen avanzar la física. A este proceso debemos el modelo atómico actual: la teoría clásica predecía el giro de los electrones, cargados negativamente, alrededor del núcleo positivo; pero también la caída gradual de éstos hacia el núcleo (por emisión de radiación sincrotrón). Entonces, la teoría se amplía: existen (evidencia experimental) ciertas órbitas en las que los electrones no emiten radiación y que hacen los núcleos estables. Esta hipótesis, planteada por Bohr, predice además los espectros del hidrógeno (el modelo más simple del átomo más simple), y da origen a la teoría cuántica.

1.2. Los físicos contra lo complejo

Hasta mediados del siglo XX la física estaba llena de ecuaciones no lineales, de hecho la excepción eran las ecuaciones lineales, con soluciones sencillas. No obstante, los físicos (como los ingenieros) estudiaban sus soluciones con éxito “linealizando” las ecuaciones alrededor de puntos de equilibrio. Con la aparición del cálculo numérico (los nuevos ordenadores construidos en los años 1940), estas soluciones analíticas aproximadas son sustituidas por soluciones numéricas aproximadas. Ya se puede prescindir de la hipótesis de cercanía al equilibrio, y se exploran comportamientos alejados de él.

Finalmente, la complejidad apareció en física. Y surge el caos. Los físicos Fermi y Pasta, y el matemático Ulam lo encuentran como un comportamiento paradójico [7]. Analizando, con ayuda de uno de los primeros ordenadores, cómo se distribuye la energía en un sistema no lineal (una cadena

unida por muelles “imperfectos”), observan que la energía no se distribuye por igual entre los eslabones de la cadena: la no linealidad rompe con las ideas lineales preconcebidas de los físicos. Ulam diría más adelante que “*Utilizar el término de ciencia no lineal es como referirse al conjunto de la zoología como el estudio de los animales que no son elefantes*”. Pero será Lorenz, un meteorólogo, quien estudiará sistemáticamente el origen del comportamiento caótico: la dependencia sensible a las condiciones iniciales, esto es, la limitación intrínseca de la meteorología a la hora de realizar predicciones a largo plazo, pues requerirían hacer medidas con precisión infinita [8]. Los matemáticos disponían de herramientas cualitativas para describir las soluciones de las ecuaciones no lineales; Henry Poincaré había descrito la forma (la topología) de las órbitas de un sistema de ecuaciones diferenciales, hasta de las más complicadas. Incluso había ideado una herramienta (la función de recurrencia o corte de Poincaré) para simplificar su estudio, herramienta que usó Lorenz. Será, sin embargo, Feigenbaum (un físico), el que se lance a cuantificar: su teoría sobre la transición de comportamientos periódicos, que duplican su período una y otra vez, hasta llegar al caos, no sólo da esta descripción cualitativa de la aparición del comportamiento desordenado; también da una ley que predice cuándo se producen estas duplicaciones de período [9]. Esta forma de aparición del caos es recurrente en la Naturaleza. Y, una vez identificada y caracterizada en un fenómeno, es identificada y caracterizada en muchos otros. Una vez más, es la adecuada identificación de un modelo sencillo lo que abre paso a su aplicación en muchos ámbitos. Es más, una forma adecuada de ver los comportamientos desordenados, permite decir algo (cuantitativo y predictivo) sobre ellos.

Pero si hay algo que marca el salto de física del siglo XX a nuevos campos es el estudio de los comportamientos críticos auto-organizados. Las transiciones de fase, conocidas en termodinámica, responden a un parámetro que se ajusta externamente: la presión, la temperatura... son las que determinan que un gas se condense a líquido o que un líquido forme cristales y se condense. Los físicos no tratan de describir en detalle el proceso; en el momento del cambio de fase, el comportamiento de una única molécula puede determinar la formación de un cristal o no; no se puede predecir. En cambio, sí se puede dar una descripción estadística del fenómeno.

En los años 1960 se introdujeron en la física estadística métodos que permitían describir cómo variaban algunas propiedades cerca del punto crítico: justo en aquel valor del parámetro de control en el que se da en cambio de fase, algunas magnitudes crecerían ilimitadamente (si el sistema de estudio fuese infinito); estos métodos permiten predecir cómo se acercan al infinito en los alrededores de ese punto (véase [10] para una revisión). Resulta que estas magnitudes, y por lo tanto, las variaciones que se dan en ellas según cambia el sistema, responden a leyes de potencias. Esta clase de leyes se conocen desde hace tiempo en fenómenos tan diferentes como la distribución de energía en los terremotos (ley de Gutenberg-Richter), o la distribución de la riqueza en una sociedad (distribución de Pareto). También se han encontrado en estudios más recientes acerca de las redes sociales: la red de publicaciones científicas y las citas recíprocas, o las redes sociales de Internet, ya sea entre máquinas, o entre personas [11,12].

Lo interesante de estas leyes de potencias es que describen comportamientos universales, en el sentido de que sólo ciertas características muy generales de las interacciones entre los elementos (los átomos o moléculas) del sistema acaban determinando el exponente de esa ley de potencias. Y por eso han sido una fuente ilimitada de analogías para los físicos.

Pero, en los sistemas críticos o cercanos a la criticalidad que hemos mencionado, los terremotos, la riqueza de los individuos, los números de citas, las personas o máquinas interconectadas, no se aprecia un parámetro de control. ¿Cuál es el significado de su criticalidad? Una posibilidad es que exista una “presión” o “temperatura” que se desconoce. Otra posibilidad es la criticalidad auto-organizada: que el propio sistema (geológico, económico o social) evoluciona hasta llegar a un estado que se comporta como si fuera crítico, es decir, algunas magnitudes crecen de forma desmesurada. Esta es la teoría de la criticalidad auto-organizada que fue introducida por Per Bak en 1987, ilustrándola con el modelo de una pila de arena [13]: sobre un disco se van dejando caer granos de

arena de forma continua; poco a poco se va formando una montañita de arena cuya pendiente va creciendo hasta que alcanza un valor. Esa forma se mantiene porque se dan aquí y allá avalanchas de granos de arena.

Cuando se estudia la distribución de los granos de arena que arrastran estas avalanchas, se observa que sigue una ley de potencias: hay muchas pequeñas avalanchas, y algunas grandes avalanchas de arena. Este modelo tan ingenuo presenta una gran similitud con algunos procesos económicos; en particular, muestra “crisis” de todos los tamaños, y una frecuencia mayor de grandes crisis de lo que podría predecir un modelo clásico de fluctuaciones aleatorias [12].

Todos los ejemplos anteriores ilustran el modo en que los físicos han mirado y miran el mundo a su alrededor. Buscan siempre algo que medir de manera sencilla: la posición del centro de un planeta, los niveles de energía de un átomo simple, el período con el que se repite un movimiento, el tamaño de una avalancha de granos de arena, o el número de “amigos” que alguien tiene en una red social. Buscan un modelo conceptual (desarrollado a partir de unas mínimas hipótesis formuladas matemáticamente) que se comporte como esos sistemas, en el sentido de presentar una variable cuya descripción coincida con aquella del sistema real que han medido: un modelo de una única fuerza que hace que un punto sometido a ella se mueva describiendo una elipse, un modelo hipotético de cuantización del momento angular de un electrón, una función modelo sencilla que parece describir los cambios en los períodos de la mayoría de los sistemas que evolucionan a un estado caótico, modelos de cajas, dentro de cajas, dentro de cajas, ... que describen las magnitudes críticas cerca de las transiciones de fase, modelos de elementos que establecen relaciones entre ellos, creando redes tan complejas como las que describen las relaciones humanas.

Y luego generalizan, buscan ejemplos de aplicación, contraejemplos, nuevos comportamientos, etc. Por lo tanto, no es de extrañar que, como dice Watts, “*sean felices tomando prestadas ideas y técnicas de cualquier sitio si parece que puedan ser útiles, y estén encantados de irrumpir en el problema de los otros*”.

2. ¿QUE HACEN LOS FÍSICOS EN ECONOMÍA?

Como dice la divulgadora científica Jenifer Ouellette [14], los físicos que se acaban por dedicar a las finanzas se dividen en dos categorías: los que intentan predecir el comportamiento de la Bolsa de valores para optimizar las ganancias y aquellos que usan métodos cuantitativos para hacer gestión de riesgos, llamados analistas cuantitativos o “quants”. El trabajo de los “quants”, por ejemplo, es establecer modelos probabilísticos que describen la evolución del mercado. Estos modelos asignan probabilidades de ganancias o de pérdidas a los productos financieros que dependen de ese mercado. De este modo se pueden minimizar los riesgos (o maximizar las ganancias) de la entidad financiera para la que trabajan los “quants”. Aparece, otra vez, la necesidad de maximizar o minimizar una función. Se pide a los modelos de los “quants” que sean consistentes con el mercado y a ser posible rápidos, muy rápidos. Un modelo consistente, hace predicciones cuantitativamente comparables con los tiempos y valores reales del mercado; lograrlo se llama calibrar el modelo.

Como comenta Neil Chriss, vicepresidente de Goldman & Sachs Asset Management, en el programa de matemática financiera de la universidad de Nueva York, “*la necesidad del control de riesgos se ha convertido en un problema de computación masiva,...*” [14]. La calibración en “tiempo real”, requiere velocidad de cálculo. Esta es una de las razones por las que los físicos entraron en un principio en este campo: además de que el cálculo numérico apareció muy tempranamente en física, por lo que es frecuente encontrar físicos con aptitudes para la programación, precisamente se ha usado esta herramienta en muchas especialidades de la física que requieren cálculos muy largos y que, por lo tanto, se han de optimizar para velocidad. No es extraño, por tanto, que los físicos fuesen tan apreciados en los primeros tiempos de la “informática financiera”.

La presencia de los físicos en las finanzas ha permitido que, en cierto modo, se pase de una economía de “chamanes” o “gurús” (esto es, inversores con gran intuición o suerte, e información privilegiada) a unas finanzas de predicción, objetivas y cuantificadas: informatizadas. Esta redefinición de una actividad por los físicos no ha sido exclusiva del área económica; similares cambios ha sufrido la medicina a lo largo del siglo XX. Vivimos hoy en la era de la medicina basada en la evidencia (traducción fonética de la *evidence based medicine*, o medicina basada en las pruebas), que también podríamos llamar medicina cuantitativa. Esta práctica puede nacer, en parte, gracias a las técnicas de medida por imagen desarrolladas por físicos. Mientras que la imagen médica, nacida tras el descubrimiento de los rayos X por el físico Roëngen, permite una observación cualitativa, la medida por imagen permite algo más: la cuantificación, llevando a la “revolución icónica” en medicina [15]. Gracias a ella, la medicina se ha comenzado a llenar de índices diagnósticos, que ya permite que éstos sean (casi) independientes del profesional que diagnostique.

Por tanto, parece claro que los físicos y/o matemáticos son capaces de introducir nuevos métodos de predicción, basados en medidas, que sugieren nuevos modelos. Varios modelos de econofísica (alguno adaptado de la geofísica, del estudio de las series de terremotos), han advertido de los crashes bursátiles [16, 17]: no del día exacto en que se producirían, pero sí de la existencia de una tendencia que llevaba inexorablemente a ellos. La teoría del caos ha enseñado, en particular a los físicos, que las predicciones son, en general, tan imprecisas como se aventuren a distanciarse en el tiempo del instante actual (de la medida). Es decir, sólo se podrá predecir hasta donde sea posible: dependerá de la precisión de las medidas iniciales, pero también de las preguntas que se hagan (el planteamiento mismo del problema). Por ejemplo, no se podrá predecir exactamente la fecha de un crash bursátil. Hay cosas que no son posibles en esta economía predictiva, como no es posible determinar con precisión el tiempo que hará en un lugar determinado dentro de más de 10 días, por ejemplo. Sin embargo, sí se pueden detectar comportamientos a gran escala, como en climatología se pueden determinar las zonas climáticas o las oscilaciones anuales de la temperatura oceánica. Pensemos en el fenómeno de El Niño en el Pacífico sur [18]: no es posible determinar qué tormentas e inundaciones va a causar, pero sí en qué años se va a producir el calentamiento y, por lo tanto, prevenir las tormentas e inundaciones que llevará asociados.

3. Y, ¿QUÉ PUEDEN HACER?

Una vez descubierto por los analistas de los mercados la potencialidad del empleo de físicos y matemáticos en la predicción económica, nace una ciencia que toma de la física la capacidad de abstracción: de separar efectos pequeños de los grandes, mediante aproximaciones de órdenes de magnitud, o simplificando los coeficientes con ecuaciones adimensionalizadas; de hacer modelos que, como decía Feynmann [19] deben permitir hacerse una idea de las predicciones incluso sin resolver las ecuaciones; de extraer conclusiones significativas de océanos de exceso de información, como las series bursátiles, que hoy se pueden muestrear hasta a la milésima de segundo; de encontrar variables importantes o combinaciones de ellas que determinen el comportamiento del sistema económico local, continental o, actualmente, mundial, hasta donde sea posible caracterizarlo.

Los artículos que se publican sobre econofísica consideran habitualmente lo que podríamos llamar “condiciones americanas”: todos los datos están disponibles, ninguno es incierto, todos son determinados objetivamente. Quizás por ello se centren mayoritariamente en el estudio de series bursátiles, sin tener en cuenta más que la pureza de los valores numéricos, y nada de las circunstancias que hacen variar esa serie de valores; algo parecido a estudiar las series de terremotos sin tener en cuenta las fuerzas o estructuras geológicas, o la distribución y movimiento de las placas (algo que los físicos también hacen). Pero es mucho más difícil llevar esto a otros modelos económicos que requieren otra información. Por analogía, con la medicina, es como tener que hacer un diagnóstico con el historial que nos proporciona el propio paciente: en este historial hay cosas que no se pueden medir; hay cosas que dependen de la percepción del paciente; hay cosas que el paciente no quiere decir. Así, las “condiciones americanas” ya no se cumplen. En realidad, muchos de los datos utilizados en

economía son, al menos, inciertos, cuando no falsos o falseados para “hacer creer” que son otros. A lo mejor, el físico, acostumbrado a la precisión que se alcanza en los sistemas sencillos y totalmente controlados y el financiero que espera un pronóstico al nivel del punto básico están exigiendo demasiado a los modelos actuales, tanto unos como otros.

Para enfrentarse a problemas más cotidianos de la economía, el físico se encuentra con otro problema: cada economista puede dar una explicación plausible diferente de cada suceso económico. Al ser tantas las causas posibles (hipótesis), y no siempre traducibles a un lenguaje preciso (matemático), no es posible definir un modelo del gusto del físico. Por ello, es tan difícil la comunicación entre ambos profesionales: hablan lenguajes diferentes. El economista parte de ciertas asunciones que el físico desconoce o no comprende, porque no se basan en hechos, sino en “premisas”. ¿Pero cómo consensuar un lenguaje común, perfectamente organizado, sistematizado, único que satisfaga a ambos? (Nos atrevemos a aventurar el uso, en un futuro, de la inteligencia artificial para formalizar ambos lenguajes en una piedra de Rosetta econofísica). También son comunes en economía las “escuelas de pensamiento”, todavía reliquias de una época de conocimiento filosófico. En la física hubo partidarios y detractores de la teoría del éter, de la teoría de la relatividad de Einstein, o de la mecánica cuántica. Algunos existen hoy en día, pero no se les toma muy en serio. ¿Por qué? Porque los hechos han demostrado que estaban equivocados. ¿Qué indican los hechos en economía? Posiblemente, que todas las escuelas están más o menos equivocadas...

La globalidad ha hecho válida la similitud del mercado mundial con el ejemplo del comportamiento caótico que hace que el vuelo de la mariposa que revolotea en Brasil cambia el tiempo semanas más tarde en el estado de Texas provocando un huracán [20] o con las grandes avalanchas en una pila de arena causadas por un único grano. A modo de ejemplo, la inmólación de una persona sin trabajo (Mohamed Bouazizi) en Túnez disparó todos los levantamientos de los países árabes del norte de África, y de Oriente Medio. Y estos levantamientos han repercutido en la actual crisis mundial. Este ejemplo es dramático, pero también es fácil encontrar en las oscilaciones de las primas de riesgo país muchos cambios dramáticos disparados por simples rumores lanzados en países diferentes.

4. A MODO DE CONCLUSIONES

Cuando una ciencia tiene menos de cuarenta años, y se está desarrollando, es muy difícil aventurarse, con las manos sobre la bola de cristal, a predecir el futuro más allá de unos pocos años; y eso con miedo y con muchas posibilidades de error. A principios del siglo XX, hubiese sido impensable que la economía llegase a ser algo más que un conjunto de teorías, más o menos filosóficas, cuando no de habilidades y vivencias. Del mismo modo, a mediados del siglo XX, hubiese sido impensable el desarrollo de las ciencias y de la tecnología que se dio finales de él. ¿Quién podría pensar que, cualquiera de nosotros, nos comunicaríamos desde cualquier punto del mundo a cualquier otro lugar en el mundo en tiempo real? ¿Qué podríamos tener mercados continuos las 24 horas del día? ¿O hacer millones y millones de cálculos en segundos y estimar los riesgos de estos millones de posibilidades para tomar una decisión? La decisión de la solución más probable. O si hablamos de las posibilidades de negocio. ¿Quién hubiese imaginado Facebook, Twitter, “la nube”, por citar sólo algunos...? Del mismo modo, hoy en día es impensable lo que nuevas disciplinas cuantitativas, como la econofísica (aunque seguro que en unas décadas ya no se llamará así, cuando adquiera entidad propia) puedan llegar a aportar a la forma de ver y de hacer economía.

Pensemos que la economía se pudiese desarrollar como la Física. Extrapolemos cómo la metodología de la física le permitiría avanzar, como lo ha hecho esta disciplina cuando ha modelado otros procesos complicados. Todo lo que se tiene hasta ahora es válido, como lo era la máquina de vapor a comienzos de la revolución industrial, pero es preciso pasar, como se pasó entonces, de un conocimiento vulgar (o un conocimiento filosófico), a un conocimiento científico, en el sentido de sistemático, predictivo y, sobre todo, experimentalmente contrastable.

En las últimas décadas la ciencia económica ha avanzado mucho en este sentido. Sin embargo, la imagen que está dando de ella la actual crisis es como si estuviese en el mismo estado que la Física antes de Galileo. Hay leyes parciales, validas en entornos muy reducidos. Los economistas creían que eran de validez universal pero la realidad se empeña en demostrar lo contrario. Las ideas preconcebidas (como antaño la filosofía Aristotélica) impiden llegar a leyes de carácter general porque impiden ver las variables relevantes. Hace falta un Galileo que muestre que tras muchas leyes parciales puede haber un sistema simple, siempre que se tenga en cuenta la variable adecuada. En vista de su obsesión con la simplicidad, este “revolucionario” podría ser un físico. Luego sería necesario un nuevo economista, un Newton, capaz de deducir leyes y convertir la Economía en una nueva ciencia.

No se pueden utilizar herramientas de hace un siglo, o incluso cincuenta años para vivir y desenvolverse en el mundo moderno. Como decía Einstein: *“No podemos resolver problemas utilizando el mismo tipo de pensamiento que los ha creado”* [3]. Y los ha creado un pensamiento basado en premisas falsas o en una visión errónea (o anticuada) del mundo. Pensemos en los nuevos retos y nuevas necesidades, que nos hemos impuesto. Gracias a la electrónica y a la informática (juntos generan la telefonía y las comunicaciones), hemos creado el mundo de la inmediatez, y se espera una respuesta inmediata a las variaciones de los mercados, llegar un segundo tarde es quedarse fuera del “reparto del pastel”. Antes podíamos pensar en las variables que mueven los sistemas; teníamos tiempo para el análisis, porque nuestra mente podía adelantar a los acontecimientos. Hoy, nuestros ordenadores predicen respuestas a problemas (posiblemente inexistentes) y toman decisiones en nuestro lugar. Hemos cambiado la conversación y el intercambio de ideas por un sistema regido, fundamentalmente, por el ordenador. Y, a pesar de que este sistema pueda ser más cuantitativo y racional, los intereses a los que sirven siguen siendo los mismos de siempre. Sin embargo, las escalas de tiempo a las que se mueven, cambian el problema fundamentalmente.

Hasta hace pocos años no se ha tratado de tener un lenguaje común entre economistas y matemáticos, también físicos, claro, además de tener conocimientos en los dos campos (esto es algo común en los llamados campos multidisciplinares, como pueden ser la biología matemática, la física médica, la bioingeniería, etc.). Con estas condiciones iniciales y de contorno, no es posible encontrar lo que estamos buscando. Por otro lado, quien encuentre la ley que gobierna el beneficio, la utilizará en beneficio propio, iniciando un proceso de retroalimentación, siempre no lineal por definición, no contemplado originalmente.

El exceso de información existente, la falta del experimento ideal que aclare los parámetros relevantes, las relaciones entre las variables así como cuál es la forma óptima de medirlas son problemas no resueltos en econofísica. En la actualidad, sólo da explicaciones plausibles a los datos disponibles, pero no puede plantear experimentos que “falseen” estas explicaciones (en el sentido popperiano). No siempre se tiene que plantear un experimento “intervencionista” para comprobar una hipótesis (o para falsar un modelo). A veces basta con seguir un proceso, o estudiar una situación puntual. No tenemos más que recordar la astrofísica. Del mismo modo, creemos que la econofísica puede colaborar notablemente en la metodología de modelar estos sistemas complejos, adecuadamente simplificados o, al menos, a plantear nuevas maneras de ver esos sistemas.

Para finalizar, debemos destacar que el aporte más importante a la econofísica de los físicos es el mismo pensamiento y metodología científica de investigación en Física, mayoritariamente altruista. No podemos olvidar las palabras de Henri Poincaré cuando decía [21]: *“Es suficiente abrir los ojos para ver que las conquistas de la industria que han enriquecido a tantos hombres prácticos, no habrían existido jamás si estos hombres prácticos hubieran vivido solos, si no hubieran estado precedidos por locos desinteresados que murieron pobres, que no pensaron jamás en la utilidad y que, sin embargo, tenían otra guía además de su solo capricho”*. Los físicos siempre buscarán el modelo más sencillo, el caballo esférico, sin masa y que no pierde energía por rozamiento. Lo importante no será que ese caballo los lleve a ellos a ningún lugar, sino que les permita comprender cómo se produce y origina el movimiento. A menudo se niega que este planteamiento tenga nada que ver con la realidad pero, hasta el día de hoy, es el que ha ido cambiando nuestra visión del mundo.

Agradecimientos. *Los autores desean agradecer a Jesús San Martín su revisión crítica del manuscrito y sus perspicaces comentarios.*

REFERENCIAS:

- [1] WATTS, D. (2004): Six degrees: The science of a connected age. W. W. Norton & Company.
- [2] CURIE, E. (2001): Madame Curie: A biography. Da Capo Press.
- [3] CALAPRICE, A. (1998): The ultimate quotable Einstein. Princeton University Press, 2010[4] Isaac Newton. Principios matemáticos de la filosofía natural: Introducción y Libro I. Alianza Editorial.
- [4] NEWTON, I.: Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, véase, por ejemplo, <http://plato.stanford.edu/entries/newton-principia/>
- [5] NOETHER, E. (1918): Invariante Variationsprobleme. Nachr. D. König. Gesellsch. D. Wiss. Zu Göttingen, Math-phys. Klasse 1918: 235-257. También publicado como: Emmy Noether (1971, traducción de M. A. Tavel). Invariant variation problems. Transport Theory and Statistical Physics, 1(3): 183-207.
- [6] BOX G.E.P.; DRAPER N.R. (1987): Empirical model building and response surfaces. John Wiley & Sons.
- [7] FERMI, E.; PASTA, J.; ULAM, S. (1955): "Studies of Nonlinear Problems I". LANL report LA-1940. El descubrimiento se describe también en: Stanislaw M. Ulam. Aventuras de un matemático. Memorias de Stanislaw M. Ulam. Nivola Libros y Ediciones, S.L., 2002.
- [8] LORENZ, E.N. (1963): "Deterministic Nonperiodic Flow". Journal of the Atmospheric Sciences 20 (2): 130-141. El modo en que Lorenz llegó a su descubrimiento se narra en: James Gleick, Caos: la creación de una ciencia. Seix Barral, 1988.
- [9] FEIGENBAUM, M.J. (1978): Quantitative Universality for a Class of Nonlinear Transformations. Journal of Statistical Physics, 19(1):25-52.
- [10] FISHER, M.E. (1998): Renormalization group theory: Its basis and formulation in statistical physics. Rev. Mod. Phys. 70, 653–681.
- [11] BARABÁSI, A.L. ; RÉKA, A. (1999): "Emergence of scaling in random networks". Science 286 (5439): 509–512.
- [12] SORNETTE, D. (2004): Critical Phenomena in Natural Sciences, Chaos, Fractals, Self-organization and Disorder: Concepts and Tools. Second edition, Springer Series in Synergetics, Heidelberg.
- [13] BAK, P.; TANG, C.; WIESENFELD, K. (1987): Self-organized criticality: An explanation of the $1/f$ noise. Phys. Rev. Lett. 59, 381-384. Una revisión de la idea con algunas relaciones con la biología se publicó en: P Bak and M Paczuski (1995). Complexity, contingency, and criticality. PNAS, 92(15): 6689-6696.
- [14] OUELLETTE, J. (1999): American Institute of Physics, The Industrial Physicist, páginas 9-13.
- [15] GARCÍA BARRENO, P. (1997): Medicina Virtual, en los bordes de lo real. Temas de debate.
- [16] JOHANSEN, A.; SORNETTE, D.; LEDOIT, O. (1999): Predicting Financial Crashes using discrete scale invariance. Journal of Risk, 1(4): 5-32.
- [17] SORNETTE, D. (2003): Critical Market Crashes. Physics Reports 378:1-98.
- [18] LIMA, C.H.R.; LALL, U.; JEBARA, T.; BARNSTON, A.G. (2009): Statistical Prediction of ENSO from Subsurface Sea Temperature Using a Nonlinear Dimensionality Reduction. J. Climate, 22, 4501-4519.
- [19] FEYNMAN, R.; LEIGHTON, R.; SANDS, M. (1989): The Feynman Lectures on Physics. Addison-Wesley.
- [20] LORENZ, E.N. (1972): Predictability: Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas? American Association for the Advancement of Science, 139th Meeting (http://eaps4.mit.edu/research/Lorenz/Butterfly_1972.pdf)
- [21] POINCARÉ, H. (1914): Science and method. Nelson and Sons, London.