

# AUTOORGANIZACIÓN: DE LA BIOLOGÍA A LOS MERCADOS FINANCIEROS

*Mariano Matilla García*

*Dpto. Economía Aplicada Cuantitativa. UNED*

*Francisco J. Vázquez Hernández*

*Dpto. Análisis Económico: Economía Cuantitativa. Universidad Autónoma de Madrid*

Los principios de la autoorganización se están convirtiendo en una fuente de explicación de diversos fenómenos que no sólo son propios de las ciencias naturales, sino que también están motivando la revisión de ciertas cuestiones inmersas en el campo de las ciencias sociales, lo cual está suscitando (reabriendo en algunos casos) un debate en torno a dos posibles alternativas de aproximación científica. Por una parte, unos adoptan una explicación de carácter global, dinámico y holista; mientras que otros están más cerca de aproximaciones locales y reduccionistas.

Por otro lado, en la ciencia económica, y en concreto en la teoría de mercados financieros, la hipótesis de mercados eficientes que tradicionalmente se venía utilizando en el análisis de los mismos, así como las herramientas analíticas derivadas de ella, están siendo sometidas a una revisión debido, entre otros motivos, a la deficiente corroboración empírica de esta hipótesis en las series temporales reales.

Es todo esto lo que está llevando al estudio de los mercados financieros desde una perspectiva multidisciplinar, más cercana a la aproximación holista. Como resultado de ella, en Biología han surgido nuevas hipótesis sobre ciertas cuestiones importantes, relativas a la teoría de la evolución y a la embriología, que giran en torno a un tema ya conocido por la ciencia económica: la autoorganización. La posible adopción de este nuevo planteamiento en el marco propio de los mercados financieros puede revelar nuevas preguntas e hipótesis acerca del comportamiento de estos mercados, marcando una sensible diferencia con lo que tradicionalmente ha venido contemplando la Teoría Económica en este área.

## 1. BIOLOGÍA Y MERCADOS FINANCIEROS

Aunque el concepto de autoorganización está últimamente en boga (véase por ejemplo [1]), no existe una definición clara y precisa de su significado. En cibernética y en biología (véanse [2], [3] y [4]) se define como el proceso por el cual la organización de sistemas complejos (<sup>1</sup>) es creada, reproducida o mejorada. Este proceso tiene lugar debido a la transformación de las relaciones existentes entre los elementos constitutivos del sistema y la aparición de nuevos elementos del mismo.

Desde esta perspectiva, que no es otra que *llegar a la autoorganización fruto de la transición desde la dinámica individual a la colectiva*, se puede contemplar la siguiente definición: autoorganización es el proceso por el cual subunidades individuales alcanzan, mediante interacciones mutuas, estados caracterizados por nuevas *propiedades emergentes* que trascienden las propiedades de sus partes constitutivas (véase [5]). Estas propiedades emergentes son resultado del mecanismo interno del sistema que ha podido ser estimulado por influencias externas, aunque no necesariamente, y ha acabado originando una estructura específica en él. Más aún, dichas propiedades son de carácter espontáneo.

La estructura final del sistema –el *orden* emergente– es descrita en términos agregados, sin referencia a las características a niveles *micro* de los elementos constitutivos, de modo que el resultado agregado o *macro* no es enteramente explicable en términos de las micropropiedades de los elementos

---

<sup>1</sup> En sentido amplio, se entiende que un sistema es complejo cuando no puede explicarse de forma satisfactoria a partir de sus componentes individuales, lo que conlleva un cierto grado de irreductibilidad.

constitutivos del sistema (<sup>2</sup>). Podemos imaginar, a efectos de comprensión intuitiva, un sistema con unas leyes determinadas que gobiernen sus elementos constitutivos, y fruto de los distintos grados de intervención exterior en el mismo, el sistema se organice de modo significativamente diferente a lo observado parcialmente en función del grado de intervención. En otros términos, diríamos que el sistema goza de cierta *autonomía* de respuesta.

La aplicación de los procesos autoorganizativos a la ciencia, como por ejemplo biología, cibernética, termodinámica, química, economía. etc. ha ido incrementándose paulatinamente; la búsqueda de un orden oculto, la emergencia de propiedades novedosas están siendo una tónica en los últimos años (véanse [1] y [6]).

En la actualidad y por lo que a la investigación en el desarrollo –dentro de la biología– se refiere, pensemos por ejemplo en el proceso mediante el cual un huevo se convierte en organismo adulto, se están produciendo avances significativos y a unas velocidades de vértigo. Dichos avances provienen, por un lado, de la genética del desarrollo y, por otro, del análisis de sistemas complejos con propiedades de autoorganización. Estas dos vías de investigación, sistemas complejos y genética de desarrollo, fundamentan sus teorías en enfoques metodológicos radicalmente opuestos: mientras que la última se basa una aproximación reduccionista, la primera lo hace con una perspectiva holística (<sup>3</sup>). Maynard Smith (véase [2]) ha propuesto, persuadido de que existen ciertos hechos observados que indican la necesaria consideración de la perspectiva que ofrecen los sistemas complejos, que sin duda ésta perspectiva enriquecería la explicación acerca de cómo la selección natural incorpora la información en el genoma y de cómo se utiliza dicha información durante el desarrollo embrionario de cada individuo.

Una idea fundamental, tanto para la teoría de la evolución como para la genética del desarrollo, es que se conservan, a lo largo de la evolución, una serie de señales que inducen en el desarrollo a estructuras muy distintas (<sup>4</sup>). La pregunta correspondiente es por qué se mantiene este sistema de señales. La respuesta es tan elocuente como sugestiva: la evolución por medio de la selección natural ha asegurado la conservación de las señales que actúan en los inicios del desarrollo embrionario (<sup>5</sup>). Es decir, los cambios (mutaciones genéticas) han de ser adaptativos, a cada paso deben, cuando menos, no empeorarse las posibilidades de supervivencia, si no mejorarlas. La evolución no tiene capacidad predictiva, no hace previsiones, por ello no se podrían incorporar otros cambios que no fueran adaptativos. Otro ejemplo de carácter biológico lo encontramos en la conservación de una etapa filotípica común (los cordados y los equinodermos en su desarrollo como embriones pasan por una fase que es reminiscencia de sus antepasados, fase filotípica), cuya explicación se basa en que la fase filotípica común facilita que el cambio en un gen altere una parte, pero no cambia a todas las demás. En resumen, diríamos que se produce en los dos casos una adaptación, que parece eficiente en la medida que no empeora las posibilidades de supervivencia en cada uno de los pasos evolutivos (<sup>6</sup>). Asimismo, es importante destacar que en cada pequeño paso no existe capacidad predictiva, sólo adaptativa.

Anteriormente decíamos que la respuesta a la conservación del sistema de señales era sugerente, pues bien, consideramos que lo es por las preguntas y las posibles respuestas que puede suscitar en el análisis de los mercados financieros. Pero antes de entrar en este tema, conviene comentar algo sobre el sistema de señales. La característica principal de un sistema de señales es,

---

<sup>2</sup> Se pueden contemplar algunos ejemplos de ordenación de centros urbanos en [1], si bien es únicamente a efectos de ilustraciones de un tipo de autoorganización espacial.

<sup>3</sup> Las raíces de esta tradición se remontan a Naturphilosophie de Goethe (1749-1832).

<sup>4</sup> Como es el caso de un mismo gen del ratón que provoca la aparición de un ojo en el proceso de desarrollo tanto para la mosca del vinagre como para el ratón en cuestión, si bien cada ojo será el propio del ratón y el propio de la mosca, de ahí que sean distintas.

<sup>5</sup> Esto no quiere decir que los organismos estén contruidos de tal modo que sea posible la evolución.

<sup>6</sup> Resulta cuanto menos curioso la relación entre esta idea y la eficiencia de Pareto.

según Jacques Monod, su carácter simbólico (<sup>7</sup>), en el sentido que un símbolo no guarda una relación de causalidad con su significado, con su información al fin y la cabo. Los genes son los portadores de la información, que viene sintetizada en forma de símbolos, como son las palabras, e incluso los precios de los activos financieros. Precisamente, es esta notación simbólica la que permite transmitir gran cantidad de información. Como tendremos ocasión de comprobar en los apartados siguientes, la hipótesis de mercados eficientes relaciona los precios con la información existente de un modo peculiar.

Pues bien, igual que los genes (contenedores de información en forma simbólica) contemplados desde una perspectiva evolutiva se adaptan para no empeorar la supervivencia, lo mismo podríamos plantear acerca de los agentes de un determinado mercado financiero que modifican sus estrategias a fin de adaptarse, habida cuenta de la información simbólica que les llega mediante precios. De modo similar, el agente, bajo ciertas circunstancias, no puede hacer previsiones a la hora de *mutar* de estrategia.

Maynard Smith señala que la autoorganización hace referencia a las pautas complejas que pueden emerger en los sistemas dinámicos sin necesidad de instrucciones concretas que regulen el desarrollo de las distintas partes. Una prueba de que pueden aparecer pautas de este tipo sin necesidad de la acción localizada de genes, la encontramos en el desarrollo de organismos con un solo núcleo, como es el caso de algunas algas marinas (<sup>8</sup>). No podemos señalar y particularizar los genes concretos que son responsables de una forma específica del alga, sino que los genes establecen los parámetros del sistema dinámico que genera la forma.

De acuerdo con Maynard Smith, señalamos que, en general, para que las estructuras biológicas puedan autoorganizarse parece necesario un plus de adaptación para la supervivencia. Esto es lo que diferencia a los seres vivos de aquellos que no lo son. Por ello es por lo que resulta interesante plantearse las implicaciones que pueden tener los procesos autoorganizativos con este plus añadido en el análisis de los mercados financieros. Los agentes de estos mercados, como seres vivos, hay que contemplarlos con este necesario plus de adaptabilidad cuanto menos, y tal vez como una primera aproximación (<sup>9</sup>). Por ello no es una locura sostener, como premisa de trabajo, que estos agentes tengan que *adaptarse* para *sobrevivir* a una serie de usos de mercado (como pueden ser comportamientos apprehendidos por la experiencia). En cierta medida entendemos que este plus –al encontrarse el agente dentro de una institución social muy definida y con unas reglas específicas– de una manera simplificadora, conlleva una adaptación eficiente, que bien puede ser la maximización de la ganancia esperada, fijado el nivel de riesgo de los activos.

## 2. AUTOORGANIZACIÓN EN FINANZAS

En esta segunda parte, dejamos las influencias de la biología en los mercados financieros, y comenzamos a desarrollar las implicaciones de la autoorganización de una forma más orientada a este tipo de mercados, para pasar seguidamente a analizar lo que esto puede significar respecto a la hipótesis de trabajo de los mercados eficientes.

La primera importante cuestión que se plantea es qué sentido tiene contemplar la posibilidad de que se produzcan procesos autoorganizativos en los mercados financieros, los cuales parecen tener un comportamiento inestable. El hecho de considerar que un mercado financiero es autoorganizado

---

<sup>7</sup> El azar y la necesidad, 1970.

<sup>8</sup> Siguiendo de nuevo a Maynard, señalamos que en estos organismos puede haber variación de actividad de los genes en el tiempo, pero no en el espacio. Una ilustración de este proceso es la del alga marina *Acetabularia*. No obstante el crecimiento de este alga es autoorganizado en cuanto a que nadie distinto lo organiza, pero depende sin duda de la información genética codificada.

<sup>9</sup> En cierta medida, podemos considerar que los agentes mutan de estrategia en un entorno de decisión realmente restringido en cuanto a tiempo se refiere, por lo cual puede incluso resultar óptimo que el mejor comportamiento sea adaptarse.

supondría, entre otras cuestiones, que partiendo de un análisis de los elementos constitutivos del mismo –los inversores que participan en el mismo– así como de cuáles son sus estrategias de compra-venta de valores, y qué parámetros son los que les hacen cambiar de modo de comprar y vender, estos grupos de inversores generarían, debido a sus interdependencias, propiedades emergentes nuevas que devendrían en una cierta estructura que no es la mera adición de los elementos constitutivos. Dicho de otro modo, consideremos un sistema formado por grupos de inversores, cada grupo con una estrategia definida, incluso con posibilidad de cambiar de estrategia: pensemos que unos inversores analistas de la tendencia pasen, motivados por elementos propios de mercado, a un análisis de otro tipo. Pues bien, ante una noticia exterior, el sistema, de acuerdo a las relaciones de interdependencia entre los grupos, se autoorganizaría de un modo u otro dependiendo de cuál fuera la noticia y de la intensidad con que es acogida, de modo que cabría la posibilidad de producirse la emergencia de un nuevo orden. En este caso, tendríamos uno o varios parámetros del sistema, en virtud de los cuales, según sean estos, el sistema daría una respuesta, es decir crearía una estructura nueva (<sup>10</sup>).

La cuestión es que dicha estructura, generada a partir del comportamiento de las unidades individuales del sistema, contiene un orden. Este orden puede estar reducido, al menos desde el punto de vista teórico, simplemente a un punto, o a un ciclo o a una estructura ordenada simple. De igual modo la estructura puede devenir en otro tipo de orden no tan fácilmente detectable, es más podríamos incluso considerar que tiene apariencia aleatoria, en este caso diríamos que genera un orden complejo, derivado de un proceso caótico.

En el mercado de valores es difícil suponer que del comportamiento agregado de los distintos inversores ha emergido como resultado de una posible autoorganización, un orden agregado sencillo. Fundamentalmente, porque si un mercado ha sido y está siendo analizado exhaustivamente es el mercado de valores, de manera que si existiera una sencilla pauta regular en los cambios de los precios, ésta ya hubiera sido descubierta. Por tanto, el comportamiento de los cambios en los precios de los valores, más que responder a unas relaciones causa-efecto lineales, y por tanto detectables con relativa sencillez, bien podríamos considerar que es resultado de una dinámica compleja derivada de relaciones causa-efecto de tipo no lineal, que incluso nos podría llevar a confundirla con la aleatoriedad. Precisamente, la posibilidad de que el comportamiento de los cambios en los precios de los valores sea resultado de un proceso de autoorganización que acabe generando un orden complejo, es lo que sustenta la propuesta que se presenta.

Por todo lo cual, lo correcto sería empezar cuestionándonos por qué investigar acerca de la hipótesis de autoorganización en los mercados financieros. Con independencia de qué implicaciones se derivarían de la autoorganización, antes cabe preguntarse si la teoría y contrastación actuales no tienen ya una hipótesis de trabajo adecuada para este tipo de mercados. Hasta el momento hemos dejado patente que los fenómenos de este tipo parecen abundar en la ciencia, y no precisamente sólo en la económica. No obstante, existen argumentos de peso que justifican la posible aplicación de procesos autoorganizativos para comprender el comportamiento global o a nivel agregado de los mercados de financieros. Estos argumentos son expuestos a continuación.

### **3. AUTOORGANIZACIÓN Y LA HIPÓTESIS DE MERCADOS EFICIENTES**

El mercado financiero ha sido y es objeto de estudio por numerosos investigadores y profesionales de las finanzas. Un amplio número de ellos, con la intención de comprender su funcionamiento, investiga las posibles relaciones de causa-efecto de cada mercado, de suerte que le revelen ciertas pautas de regularidad que, fundamentalmente le permitan corroborar sus hipótesis, e incluso llegar a predecir. Esto ha llevado a la creación de una enorme cantidad de modelos que en cierta medida imiten el comportamiento del mercado. Todos estos modelos han estado y están en la actualidad basados en la Hipótesis de Mercados Eficientes (HME). Al mismo tiempo, algunos

---

<sup>10</sup> Más adelante comentaremos qué tipo de orden podría emerger, baste por el momento centrar la idea de autoorganización en estos mercados.

economistas consideran, tras el análisis de los datos, que esta hipótesis es errónea; de ser esto cierto, la trascendencia del hecho será tal que tiraría por tierra todos la gran mayoría de los estudios realizados (véase [7]). Sorprendentemente la hipótesis alternativa está basada en la autoorganización. A continuación, pasamos a describir la HME y algunos de sus límites.

### 3.1. La hipótesis de mercados eficientes

Esta hipótesis forma parte de la teoría del mercado de capitales, es más la gran mayoría de los estudios realizados la dan por asumida, por lo que parece necesario revisar los fundamentos sobre los cuales se cimienta. Esto es especialmente necesario porque algunos estudios señalan que la HME ha sido adoptada ad-hoc para justificar el uso del cálculo de probabilidades en el análisis de los mercados financieros (véanse [7] y [8]), mientras que la evidencia apunta más hacia una explicación de tipo no lineal, como se comenta posteriormente con más detalle.

Los mercados financieros ajustan precios de un modo tal que toda la información pública, tanto de carácter fundamental como histórica, está recogida en el precio de equilibrio. De esta forma los precios varían a medida que se recibe información nueva. Dentro de un mercado eficiente no hay lugar para el juego porque por un lado, los precios recogen toda la información conocida, y por otro, el gran número de inversores garantizará que el precio sea el justo. Si la hipótesis es cierta significaría que los cambios en los precios de hoy están causados por las noticias no-esperadas de hoy, nunca como consecuencia de las de ayer o días anteriores; por tanto, los beneficios de hoy son independientes de los de ayer. Es más, si los beneficios son, como decimos, independientes, entonces son variables aleatorias y siguen un paseo aleatorio, ajustándose a una distribución normal. Como era de esperar, este supuesto nos permite utilizar una gran cantidad de tests, aparato estadístico y técnicas de modelización que pueden arrojar soluciones óptimas para los problemas de decisión.

Es cierto que ésta es la versión más restrictiva de la HME, de hecho la eficiencia de mercados no implica necesariamente un paseo aleatorio, sin embargo el supuesto de paseo aleatorio necesariamente implica mercados eficientes. Por otra parte, aunque algunas versiones de la HME no asumen independencia, las técnicas que se utilizan para los tests estadísticos sí lo hacen. Por esta razón, se suele considerar la versión de paseo aleatorio de la HME como la general, aunque técnicamente no es del todo correcto. En todo caso, lo que cualquier versión de la HME sostiene es que la información pasada no afecta a la actividad del mercado (<sup>11</sup>).

Pese a que el primer trabajo original que asienta los principios de la HME fue publicado por Bachelier (véase [9]) en 1900, tenemos que esperar hasta 1964 para que se formalice como tal por Osborne (véase [10]). Este señalaba que los cambios en los precios de las acciones eran equivalentes al movimiento de una partícula en un fluido. Asimismo Roberts (véase [11]) insistía en que los cambios en los precios se comportaban como si fueran el resultado arrojado por una ruleta de casino que funcionara perfectamente, de lo contrario los inversores se hubieran percatado y lo habrían cambiado.

La lógica del modelo de Osborne residía en una colección de supuestos que desembocaban en algo que ya hemos comentado: debido a que los cambios en los precios son independientes, es de esperar que la distribución de cambios sea normal y con media y varianza finitas. Dado que los mercados de capitales, en general, son sistemas con un elevado número de grados de libertad, los precios deben reflejar la información que todo el mundo tiene, y por consiguiente los cambios en los precios sólo son resultado de noticias inesperadas.

Esta idea se hizo más formal al considerar el supuesto sobre el comportamiento del inversor *racional*: este analiza los beneficios potenciales de acuerdo a un método de probabilidad ponderada

---

<sup>11</sup> Es por este motivo por el que se considera que el razonamiento en términos económicos es una hipótesis ad-hoc. Y de ahí que todo el edificio construido a partir de HME pueda tambalearse.

que genere los beneficios esperados y tiene en consideración el riesgo, medido a través de la desviación estándar de los beneficios. Con estos datos, los inversores quieren activos con el máximo beneficio esperado dado un determinado nivel de riesgo.

Antes de comenzar con la caída de la HME, conviene señalar que desde Fama (véase [12]) se viene considerando que el mercado es una martingala o un juego justo, dicho de otro modo, la información no puede ser utilizada para extraer beneficios del mercado. Es decir:

$$E_t[x_T] = E[x_T / I_t] \text{ con } t < T$$

donde  $I_t$  se refiere al conjunto de información. Por tanto la mejor predicción es la última observación de la variable  $x$ .

La diferencia entre suponer que el mercado es eficiente y suponer que los cambios de los precios son independientes ha hecho que se distinga entre la HME “débil”, la HME “fuerte” y finalmente la HME “semifuerte”, que es la que en la actualidad se acepta. La hipótesis débil señala que los precios actuales recogen toda la información contenida en la serie de precios anteriores, de suerte que los análisis basados en las series históricas carecen de sentido. Por otro lado, la hipótesis fuerte implica que los precios actuales no sólo reflejan la evolución de los precios históricos sino también todo aquello que es conocible por los inversores (información pública y privada de empresas), por tanto cualquier análisis basado en la profunda inspección de la información pública carece, de igual modo, de sentido.

Una vía de escape ante esta situación que echaba por tierra a los distintos tipos de analistas del mercado, se ha consolidado como la HME semifuerte: los precios reflejan toda la información pública, y dado que los analistas se basan en la información disponible, resulta que un gran número de análisis independientes producen un valor justo. De este modo la causa de la eficiencia es debida a la actitud de los analistas, no como la versión anterior que lo era con independencia de ellos. Así pues, los cambios en los precios de los valores son aleatorios por la evaluación por parte de los analistas de los cambios de los elementos fundamentales de las empresas del mercado.

### 3.2. Fragilidad de la HME

El propio Osborne (véase [9]) señala que la función de densidad de los beneficios del mercado de valores contenía una serie de observaciones acumuladas en las colas de la distribución. Sin embargo, como hemos mencionado, el supuesto de normalidad es común, y encuentra cabida teórica dentro de la consideración de mercados eficientes.

Peters (véase [7]) analiza empíricamente las características estadísticas de la distribución de los beneficios del Dow Jones de Industria (1988-1991), y encuentra, como era ya conocido, que las distribuciones no son normales, sino que presentan “colas anchas” y apuntamiento en torno a la media superior al normal. De hecho, este estudio no es un caso insólito, ya en 1965 Fama [12] encontró comportamientos similares; incluso otros estudios en otros mercados financieros, como el estudio realizado sobre el S&P 500, o sobre el mercado de precios de futuros de Treasury Bond, Treasury Notes y los contratos de Eurodólares, revelan la misma característica de “colas anchas” (véase [13]).

El hecho de que estas distribuciones no se ajusten a la forma normal, explica por qué la estructura temporal de la volatilidad no se ajuste tampoco a la usual relación entre la medida de volatilidad, es decir, la desviación estándar y la raíz cuadrada del tiempo durante el que se mide (<sup>12</sup>). Varios estudios (véanse por ejemplo [8], [14] y [15]) confirman que la desviación estándar es más

---

<sup>12</sup> Esta práctica viene de la observación de Einstein (1905) según la cual la distancia que recorre una partícula con movimiento browniano aumenta con la raíz cuadrada de tiempo necesitado para medirla.

rápida que la raíz cuadrada del tiempo, no sólo para el mercado de valores, sino también en otros mercados financieros como el de Bonos de EEUU y el de divisas. En concreto, el mercado de bonos y de valores muestra que existen límites al comportamiento aleatorio de la volatilidad: de hecho cabe la posibilidad de que su evolución esté acotada. Lo cual confirma que no se ajusta al supuesto de normalidad.

La existencia de estas evidencias pone en tela de juicio los cimientos sobre los que se sostiene la hipótesis de eficiencia de mercados. El paradigma sobre el cual se asienta la HME no es otro que el de la linealidad, es decir, que los agentes reaccionan ante la información de un modo lineal. Ahora bien, la linealidad se sostiene gracias a la concepción teórica de un inversor racional que ha descontado en los precios la información existente en el mercado. Por tanto, son dos los elementos principales de la construcción lógica de la HME: el marco de la linealidad y el supuesto de racionalidad, que precisamente sustenta al primero.

El problema está relacionado con un elemento central en la teoría económica: cómo la gente (inversores del mercado de valores) toma decisiones. En este sentido, racionalidad es entendida como la capacidad para valorar acciones sobre la base de la información disponible, de modo que el precio venga determinado en perfecta consonancia con el valor de la acción. No sólo esto, sino que además estamos conminados a aceptar que el mercado agregado también tiene que tener un comportamiento racional, como resultado de la suma lineal de sus inversores racionales.

En este sentido, el análisis de Shiller ([14]) acerca de la volatilidad en un supuesto marco de racionalidad, señala que existe una elevada volatilidad debido a la existencia de dos grupos de inversores: los “smart money traders” y los “noise traders”. Estos últimos se mueven conforme a las modas, mientras que los primeros se ajustan más al modelo racional. Pues bien, la conclusión es que tanta volatilidad significa que es mayor el número de “noise traders” que de “smart money traders” de modo que la hipótesis de racionalidad queda en entre dicho. Por otro lado, el hecho de que un gran número de inversores asegure la eficiencia, ya no es tan evidente.

La explicación más recurrida acerca de por qué se observan “colas anchas” en las distribuciones de los cambios de precios de los valores intercambiados consiste en señalar que la información llega al mercado por “saltos” y no de una forma continua. La reacción del mercado ante estos “bloques de información no continuada” propicia esta forma leptocúrtica. Pues bien, la posibilidad de que los agentes reaccionen ante esta información también de un modo no continuo, sino por saltos abre un nuevo campo de análisis teórico de los mercados de valores, porque de ser así, este nuevo análisis que será no lineal, también obtendría distribuciones con “colas anchas”. Si los inversores ignoraran la información hasta que ésta no se confirmara, y sólo después reaccionaran, de forma acumulada ante toda la información anteriormente obviada, significaría que los inversores reaccionan de un modo no-lineal. Sólo reaccionarían cuando se sobrepasara un nivel crítico, entonces toda la información descontada hasta ese punto no sería tenida en cuenta. Evidentemente este argumento teórico sería una violación del supuesto de la HME. De este modo se racionaliza el hecho de que las distribuciones de cambios de precios tengan una distribución, en general, de “colas anchas” sin recurrir al paradigma lineal de la HME.

Desde el punto de vista empírico, encontrábamos dos características estadísticas respecto a la volatilidad del mercado de valores y de bonos estadounidense, a saber: desviaciones estándar acotadas y crecientes a gran velocidad a medida que se dilataba el horizonte temporal de inversión. Pues bien, estas características pueden venir causadas por sistemas deterministas con ciclos periódicos y aperiódicos. En 1964, Granger había realizado numerosos análisis espectrales para localizar ciclos periódicos, no los encontró. Recientemente, Peters (véase [16]) y Cheng and Tong ([17]) han encontrado evidencias de ciclos no-periódicos generados por sistemas dinámicos no-lineales, es decir comportamiento caótico.

De este modo, nos encontramos ante el paradigma de la no linealidad que recoge fundamentalmente dos características más realistas que el paradigma lineal, que además es perfectamente contrastable empíricamente, a saber: que pueden existir relaciones de interdependencia entre el mercado y sus valores, y que el modelo de expectativas racionales no es el único que permite racionalizar lo observado en las series de precios de valores. O lo que es lo mismo, que la Hipótesis de Mercados Eficientes puede ser enriquecida con esta aproximación no lineal. El hecho realista de que los inversores no sepan cómo interpretar toda la información conocida y que puedan reaccionar por tendencias, incorporando información pasada en sus decisiones actuales, era considerado por el paradigma anterior cómo algo innecesario, era de hecho un coste adicional.

#### **4. EMERGENCIA DEL NUEVO PARADIGMA NO LINEAL**

Este nuevo paradigma no lineal, a diferencia del relacionado con la HME, permite incorporar elementos nuevos, tal vez más acordes con la realidad, al comportamiento de los inversores dentro de estos mercados de capitales. Estos elementos nuevos van a permitir explicar hechos como las crisis de pánico en un mercado ante la falta de liquidez, que bajo el paradigma anterior eran difícilmente explicables.

Bajo la HME el precio de transacción es siempre el justo debido a que todos los agentes han llegado a él con toda la información disponible. Es decir, los inversores reaccionan de un modo *homogéneo* ante la información diariamente recibida en el mercado, la información les impacta del mismo modo a todos. Sin embargo, este nuevo paradigma admite que la dinámica interna del mercado esté compuesta por diferentes grupos de inversores, cada uno caracterizado por sus propias técnicas de evaluación de la información.

La dinámica interna funciona precisamente por las interacciones que se establecen entre la heterogeneidad de inversores. Los grupos de inversores no son estables, en el sentido de que pueden existir trasvases de un grupo a otro, por ejemplo, por los motivos que fuere, ahora unos inversores de un grupo que viene tomando sus decisiones de compra y venta de acuerdo a un análisis de tipo fundamental, pasa a tomarlas por análisis de las tendencias. Ante dicha heterogeneidad, el impacto que la información puede tener en un mercado ya no es igual para todos, cada uno la valorará de acuerdo a su postura. Estos dos hechos, uno de inestabilidad y otro de diversidad de reacciones ante la información, posibilitan relaciones de interdependencia entre grupos de inversores, relaciones que a la postre pueden hacer emerger un orden global, tal vez caótico.

En realidad, el hecho de que los inversores respondan de un modo distinto ante el mismo impulso exógeno, como es una determinada información, tiene una justificación de carácter teórico económico que este paradigma sí puede contemplar. Se trata de la liquidez de un mercado copado por inversores con distintos horizontes de inversión.

La inicial creación de una institución como la Bolsa respondía a la necesidad de una serie de individuos con la necesidad de liquidez. A medida que este mercado ha evolucionado es factible, gracias al sistema informatizado de las Bolsas, que un inversor con un horizonte temporal de inversión de 15 minutos pueda llevar a cabo una operación de compraventa de manera eficiente con un inversor con horizonte temporal de 1 mes. Esta diversidad de horizontes temporales de inversión en la medida en que se mantenga en el mercado será una fuente de liquidez y estabilidad –en el sentido de ausencia de movimientos bruscos–. Esto se debe a que los inversores de corto, por ejemplo uno o varios días de horizonte temporal de inversión, pueden querer vender a toda costa un activo con un riesgo más elevado de lo viene siendo la media para ese horizonte temporal; mientras que un inversor con horizonte temporal de inversión de meses, al analizar el comportamiento en una franja temporal más amplia, y atendiendo a criterios fundamentalistas, puede considerarlo una oportunidad de compra. De este modo, el inversor de largo ha provisto de liquidez al mercado, que en definitiva es lo que se pretende.

El mercado puede producir cambios realmente bruscos cuando se rompe esta especie de equilibrio inestable entre los inversores con distintos horizontes de inversión. Precisamente, cuando dejan de invertir los inversores de largo o bien se traspasan a horizonte de corto, entonces se producen crisis de liquidez. Peters (véase[7]) explica como las crisis como la del Golfo Pérsico, el Crash de Octubre del 87, las reacciones del mercado ante noticias como la muerte de Kennedy, son posiblemente resultado de estos factores que venimos comentando. En la medida en que se mantenga esta relación de inversores con distintos horizontes de inversión, se garantizará que la condición de liquidez sea satisfecha por la globalidad del mercado. En cambio, si la distribución de los inversores fuera unidireccional emergerían problemas de liquidez y por tanto situaciones de crisis.

En función de los horizontes de inversión, los inversores analizarán el mercado de un modo u otro, como hemos señalado más arriba. Los inversores de horizonte corto atenderán más a cuestiones de análisis técnico (análisis de la tendencia); mientras que los de largo se centrarán en factores de carácter económico (como el ciclo económico). Como resultado obtenemos un precio que es reflejo de la combinación de análisis técnico y evaluación económica fundamental, de modo que los cambios a corto serán muchos más volátiles que los de largo, estos últimos ligados a cambios en el entorno económico. Para unos y para otros la información que evalúan no es en ningún caso la misma, de manera que los cambios en los precios reflejan información sólo relevante para un tipo de horizonte concreto.

En la medida en que el mercado esté ligado con factores de crecimiento económicos para horizontes largos de inversión, el riesgo decrecerá al ser el ciclo económico más estable que las fluctuaciones de la actividad comercial, y por tanto los beneficios de los valores a largo plazo serán menos volátiles que los de corto. Este hecho puede justificar que la varianza esté acotada.

Así, encontramos que el mercado de valores puede estar en una situación de equilibrio inestable que a medida que es impactado por conjuntos de información puede ordenarse –los datos y análisis sugieren de modo caótico–, resultado del trasvase de grupos de inversores con diferentes horizontes de inversión.

En este sentido existen algunos estudios muy recientes que modelizan grupos de inversores estandarizados que entre ellos pueden tener interrelaciones. Entre ellos, merece la pena destacar los trabajos de Brock-Hommes [18] y de Lux [19].

## REFERENCIAS

- [1] Krugman, P., 1996. La organización espontánea de la economía. Ed. Antoni Bosch. Barcelona.
- [2] Maynard, J., 2000. La construcción de la vida. Ed. Crítica. Barcelona.
- [3] The principles of Self-Organization. Transactions of the University of Illinois, Symposium on Self-Organization, June 1961.
- [4] Eigne, M., 1971. Self-Organization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. Springer-Verlag. Berlin.
- [5] Biebricher, C.K., Nicolis, G y Schuster, P. (eds), 1995. Self-Organization in the Physico-Chemical and Life Sciences, EU Report 16546.
- [6] Schweitzer, F (ed), 1997. Self-Organization of Complex Structures. Gordon and Breach Science Publishers. Amsterdam.
- [7] Peters, E., 1991. Chaos an Order in the Capital Markets. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- [8] Peters, E. 1994. Fractal Market Analysis. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- [9] Bachelier, L., 1964. “Theory of Speculation”, in P.Cootner, ed., The Random Character of Stock Market Prices. Cambridge, MA: MIT Press, 1964.

- [10] Osborne, M.F.M., 1964. "Brownian Motion in the Stock Market", en P.Cootner, ed., The Random Character of Stock Market Prices. Cambridge, MA: MIT Press (el original publicado en 1959)
- [11] Roberts, H.V., 1964. "Stock Market Patterns and Financial Analysis: Methodological Suggestions," in P.Cootner, ed., The Random Character of Stock Market Prices. Cambridge, MA: MIT Press
- [12] Fama, D.F., 1965. "The Behavior of Stock Market Prices," Journal of Business 38,
- [13] Sterge, A.J., 1989. "On the Distribution of Financial Futures Prices Changes" Financial Analysts Journal, May/June.
- [14] Shiller, R.J., 1989. Market Volatility, Cambridge, MA: MIT. Press.
- [15] Turner, A.L. y Weigel, E.J., 1990. "An Analysis of Stock Market Volatility", Russell Reseach Commentaries, Frank Russell Co. Tacoma, WA.
- [16] Peters, E., 1991. " A chaotic atractor for the S&P 500" Financial Analysts Journal, March/April.
- [17] Cheng, P. y Tong, H., 1992. "On Consistent Non-Parametric Order Determination and Chaos" Journal of the Royal Statistical Society 54.
- [18] Brock, W. y Hommes, C., 1999. "Rational Animal Spirits" En P.J.J. Herings, A. J.J. Talman y G.van del Laan (eds), The theory of markets. Proceedings of the colloquium Theory of markets and their functioning (pp.109-137). North-Holland, Amsterdam: Royal Academy of Arts and Sciences.
- [19] Lux, T., 1998. "The socio-economics dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos and the fat tails of return distributions" Journal of Economic Behaviour and Organization 33.