

ESTABILIDAD, CAOS Y CRISIS FINANCIERA

Ubaldo Nieto de Alba*

ABSTRACT:

In this paper, the origin and evolution of the current crisis are analyzed, one that has originated in the process of creation, sale, division and globalization of risks that, compared with actuarial procedures and methods applied to insurance, the oldest institution that markets, divides and universalizes risk, this work points out technical-financial errors committed.

Crises like the present one keep professionals in the economy somewhat disoriented. Predictions fail, crises do not respond to known models. We are living in moments of turbulence and chaos. Prevailing charts, models, methods and strategies to manage today's problems in politics, economics and finance are not necessarily the appropriate ones.

The paper focuses on chaos theory and financial fractals in order to end up analyzing the thermodynamic route of the current financial crises. All of these, coming from this unifying synthesis that the author had already set out in earlier works in which linear systems for the conventional economy become mere intermittent evolutionary processes heading towards more complex organized orders; that lead to new management models wherein instability and turbulence of the hidden model are assumed to be innovative and creative forces.

KEYWORDS:

Solvency, stability, regulation, turbulence, quants, butterfly effect, no linearity, chaos, financial fractals, entropy and thermodynamics.

*Doctor en Ciencias Económicas y Actuario de Seguros. Catedrático de Economía Financiera y ex-Decano de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Complutense de Madrid, ha sido, también, Catedrático de Matemáticas y Estadística de Escuelas Universitarias y Profesor del ICADE y del CUNEF. Perteneciente a los Cuerpos Superiores de Estadística y de Finanzas del Estado, presidió la Comisión de Economía y Hacienda del Senado desde 1977 a 1982. Desde 1982, es Consejero del Tribunal de Cuentas, titular del Departamento Financiero y Presidente de la Institución desde 1997 a 2007. anales@actuarios.org

RESUMEN

En este trabajo se analiza el origen y la evolución de la actual crisis financiera, crisis que ha tenido su origen en un proceso de creación, comercialización, división y globalización de riesgos que se compara con los procedimientos y métodos actuariales aplicados en el seguro, la institución más antigua en la comercialización, división y universalización de riesgo, poniendo de manifiesto los errores técnico-financieros cometidos.

Crisis como la actual mantienen un poco desorientados a los profesionales de la economía. Las predicciones fallan, las crisis no responden a modelos conocidos, se viven momentos de turbulencias y caos. Los esquemas, modelos, métodos y estrategias prevalentes para gestionar los problemas de hoy en política, economía y finanzas no resultan ya adecuados.

El trabajo se adentra en la teoría del caos y los fractales financieros para terminar analizando la ruta termodinámica de la crisis financiera actual. Todo ello partiendo de esa síntesis unificadora, que el autor ya ha expuesto en trabajos anteriores, en la que los sistemas lineales de la economía convencional pasan a ser meras intermitencias de procesos evolutivos hacia órdenes organizativos más complejos; lo que conduce a nuevos modelos de gestión en los que las inestabilidades y turbulencias del modelo oculto se asumen como fuerzas innovadoras y creativas.

PALABRAS CLAVE: Solvencia, estabilidad, regulación, turbulencias, quants, efecto mariposa, no linealidad, caos, fractales financieros, entropía y termodinámica.

1. SOLVENCIA Y TURBULENCIAS FINANCIERAS

La mayor interrelación, integración y globalización de los mercados financieros ha elevado su grado de complejidad, y también su inestabilidad. El progreso tecnológico y las innovaciones financieras han dado lugar a grandes operadores en toda clase de activos. Además, al estar interrelacionadas todas las componentes del mercado, la realimentación entre ellas produce elementos nuevos a considerar. Precisamente, la desintegración del orden en turbulencia comenzó cuando los mercados se convirtieron en más integrados, globalizados e interrelacionados. Esta situación choca con la heterogeneidad, en las economías locales, de sus respectivos marcos institucionales, en los que se encuentran los llamados reguladores financieros. La complejidad de lo global no siempre se debe a causas complejas, pues cualquier actuación microscópica puede dar lugar, por el mencionado “efecto mariposa”, a grandes acontecimientos. Para nuestro análisis, la importancia de lo pequeño, de lo “micro”, como fuente de inestabilidad, viene dada por el nacimiento de esas mariposas financieras que, en su proceso de evolución, se han vuelto turbulentas.

En efecto, las mariposas financieras nacen en el ámbito de lo “micro”, con los productos financieros; en nuestro caso, con los créditos hipotecarios. El primer nivel de riesgo moral emerge cuando estos productos se comercializan mediante operaciones financieras. Al igual que una sola golondrina no hace verano, una operación aislada no hace mercado. No vale sólo con que el riesgo de la operación aislada sea objetivamente medible, sino que su comercialización no incida en esa objetividad. Este aspecto técnico-institucional lo encontramos en la institución del seguro, la más antigua en la comercialización de riesgos, la cual contempla una serie de contrapesos institucionales (regla proporcional, franquicias, participación del asegurado en el coste del siniestro, etc.) que evitan lo que ahora se llama riesgo moral. A pesar de estos contrapesos, las estadísticas siempre acusan una mayor siniestralidad en los colectivos asegurados. Pero, al estar basados los cálculos actuariales en datos de estos colectivos, las primas de riesgo no trasladan al mercado riesgos mal valorados. En los productos financieros subprime, que se extendieron a instrumentos derivados como los CDS (credit default swap), los tipos de interés contenían una prima de riesgo (r) encaminada a cubrir los costes de fallidos, morosidad y demás contingencias de activos, cuya estimación, para ahorrarse tasaciones individuales que atendieran a incertidumbres y riesgos subjetivos no probabilizables, se basaba en porcentaje de fallidos. Posteriormente se fueron revisando en función de cómo evolucionaba el mercado, que era el que fijaba los precios. Cuando los precios de los CDS crecen, ello indica que el riesgo se eleva. Para ello, se utilizaron modelos

basados más en los precios que en datos reales, asumiendo que el mercado fijaba concretamente la prima de riesgo. Así, la estimación de las primas de riesgo no se fundamentaba en probabilidades asociadas al número de fallidos y a sus cuantías de manera que permitieran estudiar la estabilidad del pool o cartera de riesgos.

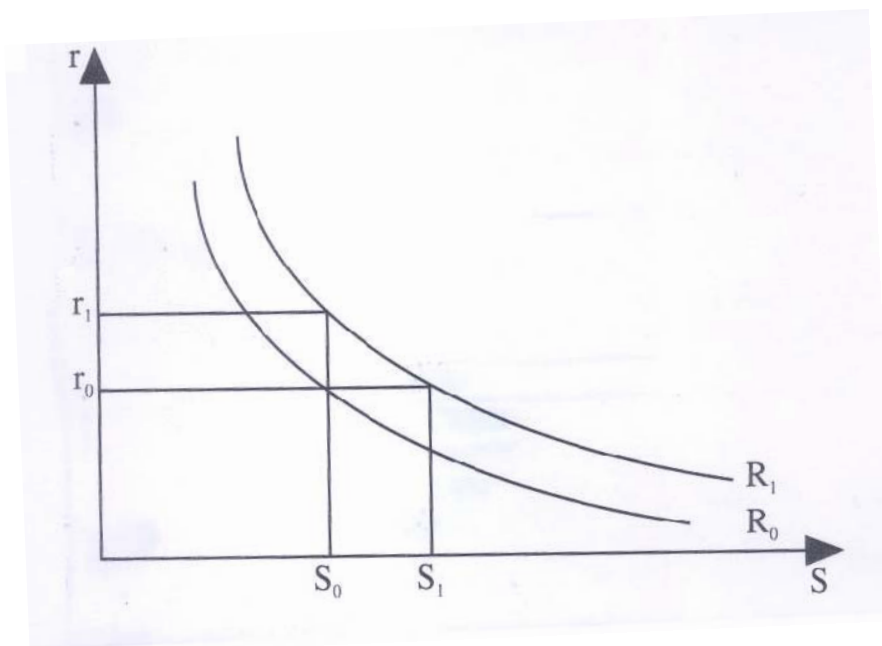
El segundo nivel de riesgo reside en la entidad financiera, que debe responder a unos niveles de solvencia, de acuerdo con los riesgos de su actividad. Por tratarse de actividades basadas fundamentalmente en la confianza, las entidades financieras son muy sensibles al efecto de contagio ante cualquier anormalidad o crisis. De aquí emergen externalidades o bienes públicos no puros a proteger, tales como la macroestabilidad del sistema, la transparencia y la protección de los depositantes y ahorradores, que garanticen la confianza en el sistema, lo que ha dado lugar a los llamados Reguladores o Supervisores financieros. Esta supervisión no ha de confundirse con la regulación o intervención del mercado, pues debe ir solamente encaminada a proteger las externalidades o bienes públicos no puros que emergen de la actividad financiera, respetando la libertad de mercado, que es la encargada de ejercer la vigilancia de contraparte.

El ámbito asegurador, donde se presta especial atención al riesgo, cuenta con normas que van, desde el acceso a la actividad y la transparencia de las operaciones, hasta las bases técnicas de actuación, y con un riguroso control inspector de seguimiento. Esta situación hace que el margen de autorregulación financiera, en la gestión óptima de los riesgos, cuente con un marco normativo y una eficaz supervisión que actúa de contrapeso. Este planteamiento está sirviendo de modelo al resto de la supervisión financiera, prestando especial atención a los riesgos.

Así, lo primero que hay que anotar en esta crisis es que hubo fallos de regulación y de supervisión. El primer fallo lo encontramos en que la mayor parte de los originadores de créditos hipotecarios llamados “subprime” eran entidades no reguladas y/o supervisadas, sin haber previsto que de su actividad emergerían bienes públicos a proteger, dada la forma en que estos préstamos se titulizaron y eran remitidos al mercado para ser adquiridos por inversores institucionales, por hedge funds e, incluso, por entidades de depósito. Esta actuación generó una demanda de títulos que provocó un relajamiento en las exigencias de calidad y solvencia en la concesión de nuevas hipotecas y que se vio alimentada por los precios en alza del “boom” inmobiliario (hipotecas NINJA). Esta retroalimentación entre las facilidades de crédito y el valor de las garantías se produjo con el solo aval de unas agencias de ra-

ting que no valoraron ese riesgo moral, al que ha contribuido la mediación de brokers poco escrupulosos.

El segundo nivel de riesgo reside en la entidad financiera que debe responder a unos niveles de solvencia de acuerdo con los riesgos que integran el pool de su actividad. Consideremos la variable aleatoria "X" asociada a la cartera de la entidad, y que todos los ingresos por primas de riesgo, para un periodo determinado, ascienden a "P". El suceso que marca la quiebra técnica, sin tener en cuenta los aspectos comerciales, viene dado por $X > P + S$, siendo "S" el margen de solvencia de la entidad, cuya probabilidad $P(X > P + S) = \varepsilon$, recibe el nombre de índice de estabilidad. La teoría del riesgo colectivo nos dice que existe una relación entre las variables solvencia (S), prima de riesgo (r), y estructura de riesgo de la cartera (R), tal como aparece en la *Figura 1*. Si la estructura de riesgos pasa de R_0 a R_1 (cartera más arriesgada), para mantener el mismo índice de estabilidad (ε) hay que aumentar la solvencia de S_0 a S_1 , o incrementar los precios, de r_0 a r_1 .



- Figura 1-

Pero, si se quiere mantener el mismo nivel de solvencia (S_0) y la misma prima de riesgo (r_0) es preciso reducir la estructura de riesgo de R_1 a R_0 . Esto es

lo que se hizo sacando los riesgos de los balances. Siguiendo el vuelo de estas mariposas, al desaparecer de los balances de las entidades originadoras, el riesgo se transfirió a los adquirentes de los títulos, dando lugar a que las mariposas financieras se volvieran tramposas. El Regulador norteamericano no detectó a tiempo su presencia, antes de introducir en los mercados secundarios riesgos mal valorados, lo que ha propiciado que, además de tramposas, se volvieran turbulentas. La falta de transparencia y de confianza -que dio lugar, como se ha señalado, a que se interrumpiera la pirámide que sustentaba el sistema- condujo a una crisis de confianza, resultando, de este modo, afectada la externalidad más importante a proteger en toda actividad financiera.

Todo este proceso es muy diferente al seguido en la actividad aseguradora, no sólo en materia de brokers¹, sino en la valoración de los riesgos, tanto de las operaciones como de la estabilidad de la entidad, que está encomendada a los actuarios de seguros, quienes, además, se ocupan de los problemas de la división y cesión de riesgos en el mercado secundario del reaseguro. Cualquiera que sea el sistema seguido (cuota parte, excess-loss o stop-loss)², el asegurador directo no transfiere al mercado del reaseguro la totalidad del riesgo y el riesgo transferido siempre responde a cálculos actuariales. Además, en el ámbito de la actividad aseguradora, los riesgos se universalizan, pero no se globalizan. A través de cesiones y retrocesiones, el proceso de división y diversificación de un elevado riesgo puede dar la vuelta al mundo, pero sin salir del ámbito asegurador. Esto no ha ocurrido en el caso que nos ocupa, en el que el riesgo no sólo se ha introducido en el mercado secundario interbancario, sino que se ha globalizado, afectando a todo el ámbito financiero. Puso en peligro a las aseguradoras de bonos municipales y de hipotecas y, por tanto, introdujo en el mercado secundario del reaseguro riesgos técnicamente mal valorados. Así, estos dos mercados secundarios que cumplen funciones tan distintas, uno regular la liquidez bancaria y otro dividir y dispersar los riesgos asegurados, resultaron contaminados. Por debajo de determinadas técnicas avanzadas de ingeniería financiera laten siempre principios de rentabilidad, riesgo y solvencia (valoración, comercialización y diversificación) que, en un riguroso análisis financiero, suelen aparecer violentados.

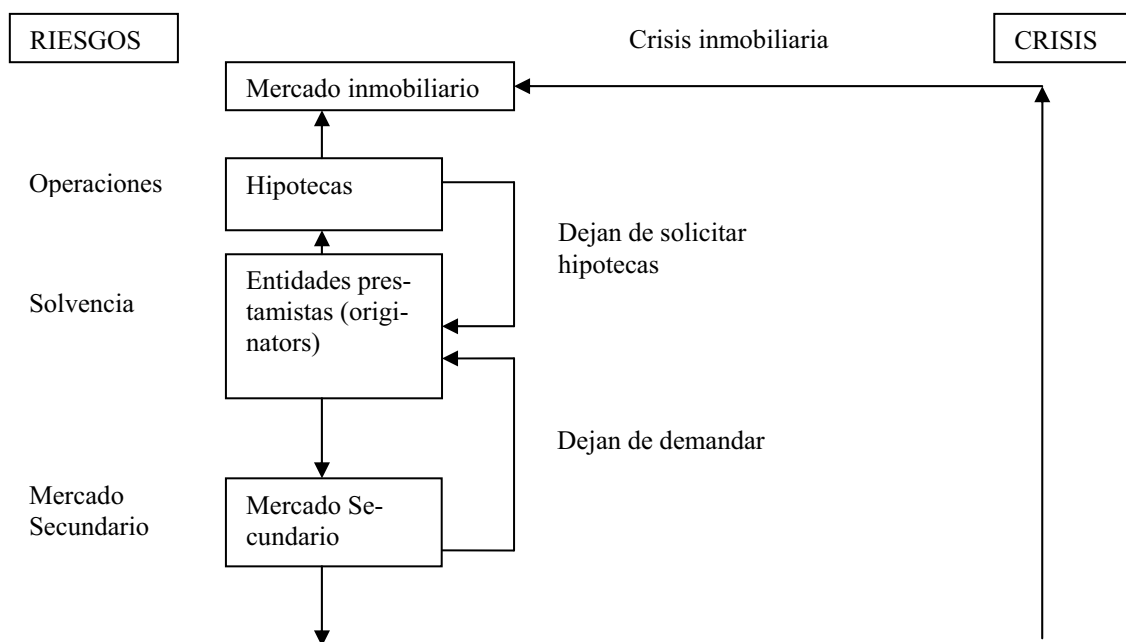
Además, lo que empezó con hipotecas subprime se extendió a todas las obligaciones de deuda colateral. La inversión en CDOs (collateralized debt obli-

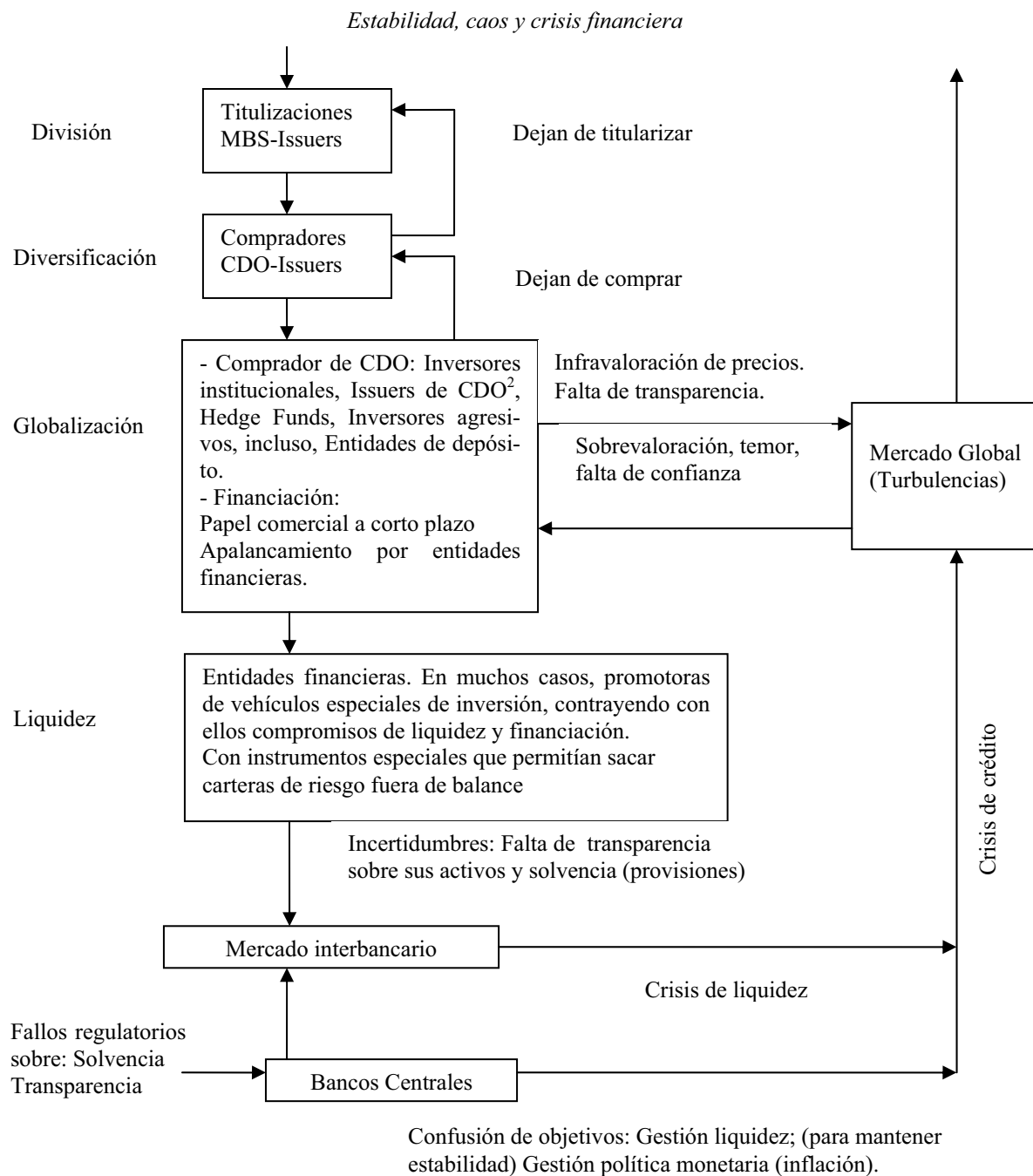
¹ En España, los brokers de seguros deben cumplir determinados requisitos de acuerdo con las normas de mediación.

² Ver Nieto de Alba, U. y Vegas Asensio, J. "Matemática actuarial". Ed. Mapfre. Madrid, 1993, pág. 328.

gations) se hizo a través de vehículos especiales (SIV) y “conduits” que se financiaban con papel a corto plazo, estaban altamente apalancados y eran, con frecuencia, dependientes de la financiación bancaria. Así, los compromisos de los bancos de inversión con respecto a las compras apalancadas se convirtieron en obligaciones. Ello dio lugar a que los bancos se vieran obligados a administrar sus propios recursos y a que, ante la falta de transparencia sobre el grado de exposición real de los bancos a los créditos “subprime”, dejaran de confiar en los demás. La interrupción de los préstamos en el mercado interbancario propició fuertes tensiones de liquidez, hasta el punto de que, en agosto del 2007, se paralizaron, a nivel global, las operaciones en este mercado, lo que obligó a intervenir a los Bancos Centrales. En el esquema de la *Figura 2* aparecen representadas, a la izquierda, la emergencia de los riesgos (operaciones, solvencia, mercado secundario y liquidez) y, a la derecha, su dinámica acumulativa hasta la crisis global:

PROCESO DE LA CRISIS FINANCIERA





- Figura 2 -

Estos fallos del Regulador norteamericano, que, junto a la SEC, habían hecho del rating una parte formal de la evaluación de la calidad crediticia, han obligado a la FED a priorizar la gestión de la liquidez del sistema para subsanar fallos de estabilidad y solvencia que caen de lleno en el ámbito de la supervisión prudencial. Los mercados monetarios, cada vez más globalizados, que perciben esta contradicción, presionan a los Bancos Centrales para que rebajen los tipos de interés, priorizando la gestión de la liquidez y de la estabilidad financiera sobre el control de la inflación.

La complejidad técnica, tanto a nivel de operaciones como de estabilidad, ha escapado no sólo a los llamados analistas cuánticos, sino también a los analistas de la macroestabilidad del sistema.

La mecánica cuántica maneja magnitudes observables, ciertas e inciertas, que no siempre varían de una manera continua y donde las probabilidades asociadas a cada valor provienen de un azar objetivo. La incertidumbre o indefinición no proviene de ignorancia y, en consecuencia, la definición del estado es completa³. Es decir, se trata de una incertidumbre probabilizable objeto de estimación mediante inferencia estadística. Así, en su aplicación al caso de una operación de seguros de vida, tendría para el momento $(t,t+1)$, la ecuación de equivalencia dinámica:

$$P_{(x,t)} + C_{(x,t)} = VK_{(t)}q_{x+t} + VC_{(x,t+1)}p_{x+t} \quad , \quad V = (1+i)^{-1},$$

donde $P_{(x,t)}$ es la prima del periodo, el capital asegurado $K_{(t)}$ para caso de fallecimiento y las reservas matemáticas acumuladas $C_{(x,t+1)}$ constituyen valores con probabilidades objetivas q_{x+t} y p_{x+t} , respectivamente. Esta ecuación es integrable y las condiciones del contorno $C_{(x,0)}$ y $C_{(x,n)}$ nos permiten la definición completa del sistema que permite calcular $C_{(x,t)}$ tanto por el método retrospectivo como por el prospectivo. Cuando se trata de operaciones no-vida existen dos distribuciones de probabilidad básicas, una asociada al número de siniestros (tipo Poisson de contagio) y otra a las cuantías de los siniestros (siempre alejada del modelo normal). La distribución de la cuantía total correspondiente a la cartera aparece asociada a un proceso de Poisson no elemental compuesta por ambos. Muchos de estos procesos proceden de la física cuántica, pues todo ello está enmarcado en el ámbito del paradigma estadístico que no contempla procesos de realimentación no lineal.

Este no ha sido el caso de los riesgos contenidos en la hipotecas subprime, ni en los CDS, en los que el proceso de comercialización descrito produjo una

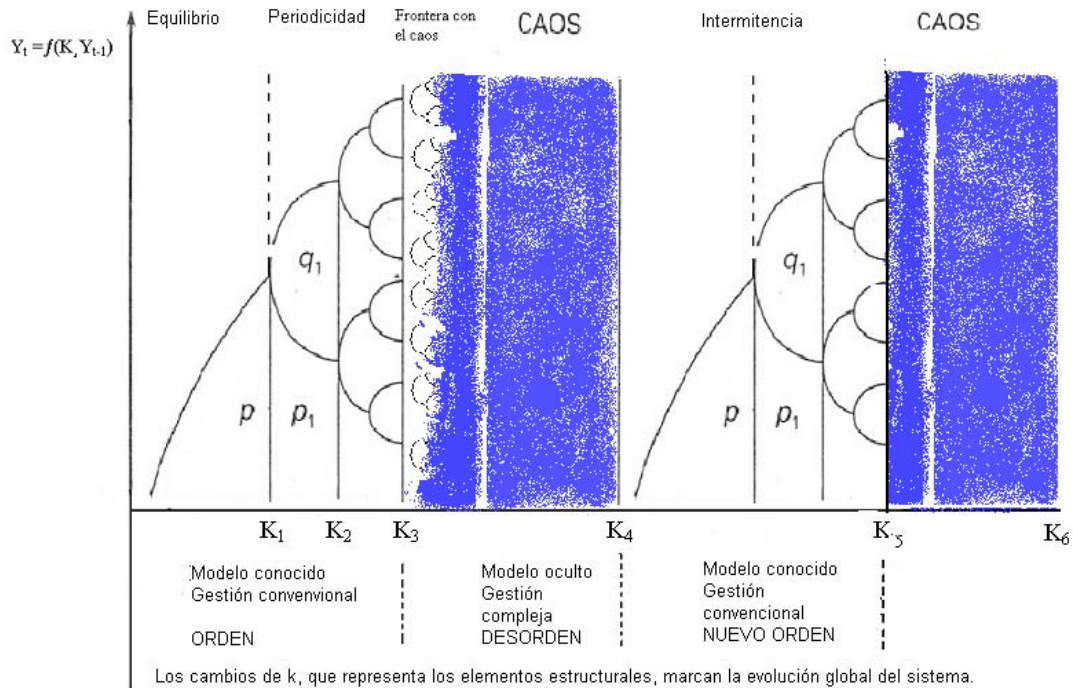
³ Sánchez del Río, C. (2002); *El significado de la física*. Pág. 183. Ed. Complutense.

realimentación en el sistema (feed-back), haciendo que la incertidumbre no sea objetivamente probabilizable y que la no-linealidad, al impedir la integrabilidad, conduzca a que la definición del sistema ya no sea completa en términos prospectivos, es decir, falla la predicción. Como veremos más adelante, la no-linealidad también hace fallar las hipótesis de las expectativas racionales (H.E.R.) y de la eficiencia de los mercados (H.E.M) sobre los que se apoya la teoría neoclásica de las modernas finanzas sobre la que se ha construido la gran pirámide de la actual crisis financiera.

En el ámbito de la macroestabilidad, los Bancos Centrales, como la FED, se han visto obligados a gestionar una crisis financiera de naturaleza caótica que, habiendo tenido su origen y evolución en las complejidades de inestabilidades microeconómicas propias de la supervisión prudencial de su ámbito competencial como Regulador, han resultado descuidadas por quienes todavía están instalados en modelos que, como el neoclásico y neokeynesiano, constituyen una descripción de un mundo sin inestabilidades y turbulencias. Aquí podía encontrar aplicación la anécdota del macroeconomista como creador del caos financiero. Se trata de la idea del caos como desorden y confusión que aparece reflejada en esta anécdota, ya clásica, sobre la antigüedad de su profesión, discutida por un médico, un abogado y un economista: El médico argumentaba que era más antigua la suya, la cirugía, ya que de una costilla de Adán surgió Eva; el abogado invocaba la función reguladora del derecho, gracias a la cual se ordenó el caos, pero el triunfo correspondió al economista, que reivindicó la creación del caos. Afortunadamente, el caos en el nuevo paradigma de la complejidad nos conduce a nuevos modelos de gestión que dan respuesta a esas inestabilidades, para las cuales el reduccionismo neoclásico y neokeynesiano ni siquiera admiten preguntas.

2. PREDICCIÓN, NO LINEALIDAD Y CAOS

La ciencia heredada de la modernidad, basada en el sistema newtoniano, aspiraba a descubrir leyes en las que no tenían cabida los cambios evolutivos (flecha del tiempo). La dinámica de las trayectorias contaba con dos estrategias metodológicas basadas en el paradigma matemático -donde la integrabilidad del sistema permitía predicciones muy precisas-, y en el paradigma estadístico. A medida que avanzaba el siglo XX, fue adquiriendo importancia en economía la metodología estadística: La macroeconomía y la economía.

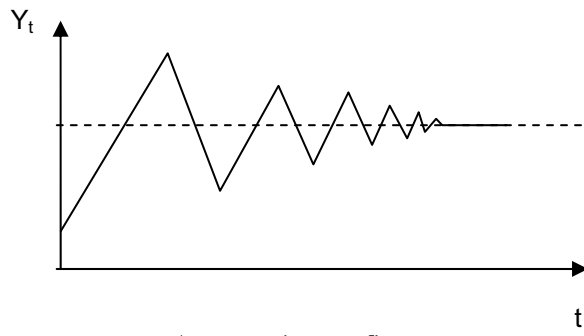


- Figura 3 -

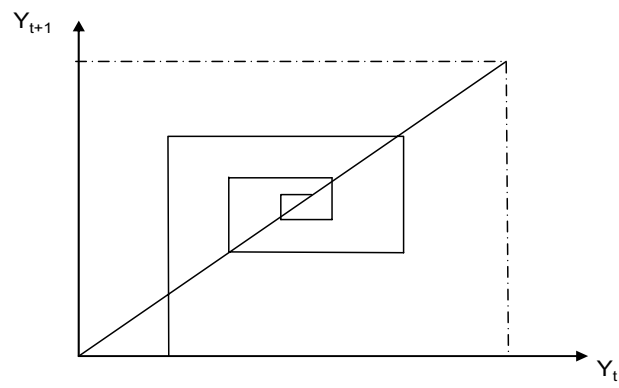
Para encontrar un terreno común entre lo matemático y lo aleatorio hay que recurrir a la dinámica no lineal⁴ donde una misma ecuación $Y_t = f(K, Y_{t-1})$, según el valor del parámetro K , pasa por las etapas que se indican en la *Figura 3*. En la etapa $K < K_3$, de equilibrio y periodicidad, de orden y estabilidad, es posible la predicción y una gestión convencional basada en las expectativas racionales. Aquí las trayectorias matemáticas o estadísticas de promedio dan lugar, en el espacio de fases, a atractores puntuales (*Figura 4*) o periódicos (*Figura 5*) (modelo de la telaraña). En las predicciones económicas, se suele suponer que las variables que captan la aleatoriedad operacional y las variables desconocidas no incluidas en el modelo son normales (ruido blanco gaussiano), lo que permite una gran precisión en la predicción estadística, ya que los errores de predicción están muy acotados en torno a los valores medios.

⁴ Este descubrimiento se debe al meteorólogo E. Lorenz investigando sobre la dinámica del tiempo climático. Sobre los límites de la predicción existen precedentes de Poincaré y Hadamard.

Trayectoria (equilibrio)

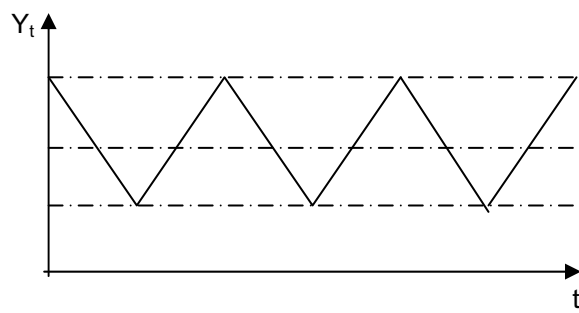


Atractor (puntual)

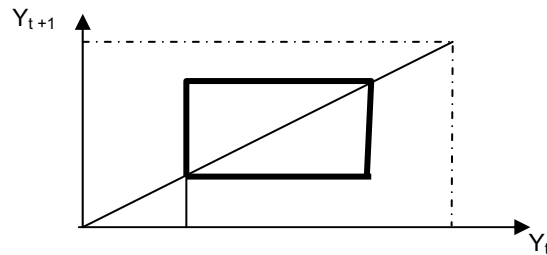


- Figura 4 -

Tayectoria (periodicidad)



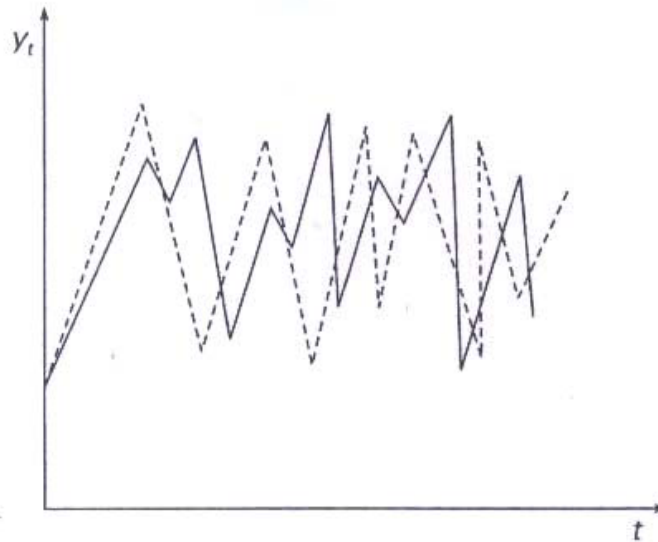
Atractor (periódico)



- Figura 5 -

Al aumentar el valor de K , que traduce la evolución del entorno en la cual incide la gestión convencional del equilibrio y de las expectativas racionales (lo que Soros llama reflexividad), la sencillez de la linealidad empieza a desaparecer para $K > K_3$. En su ruta hacia el caos, para dos puntos muy próximos, las trayectorias correspondientes (*Figura 6*) se hacen rápidamente divergentes⁵.

Trayectoria (caótica)

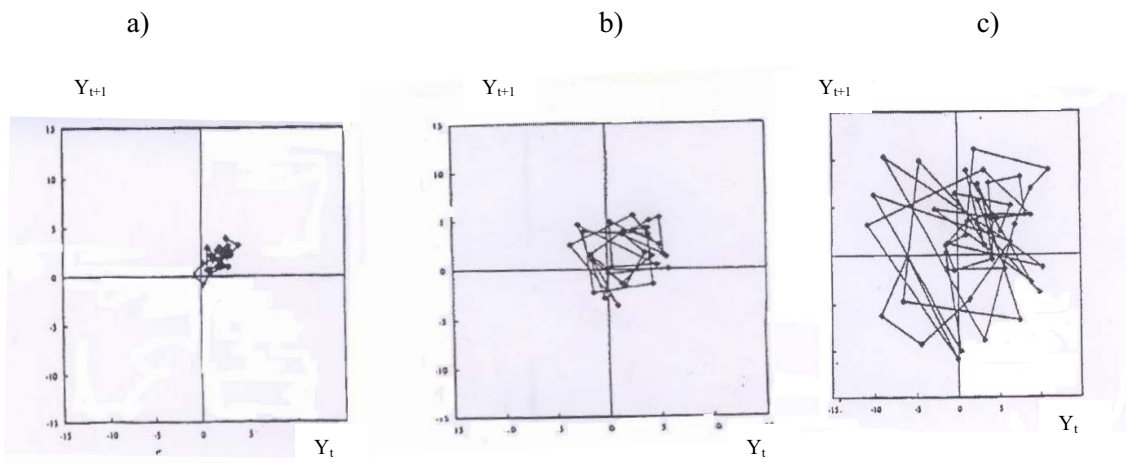


- Figura 6 -

⁵ En el caso de la logística $Y_{t+1} = KY_t(1-Y_t)$, donde $K = 1 + r$ representa la tasa de reproducción positiva ($r > 0$) o negativa ($r < 0$), para valores próximos a $K_3 = 4$.

De este modo, pequeños errores en la medición inicial ocasionan grandes diferencias en los resultados, lo que se denomina sensibilidad a las condiciones iniciales o “efecto mariposa”. Esta pérdida de información inicial impide hacer predicciones, a veces, más allá de días, e, incluso, de horas, tal como podemos observar en los momentos de crisis. Sin embargo, aunque no sea posible la predicción del futuro, ni siquiera en términos estadísticos, si consideramos la globalidad del sistema en su dinámica, aparece un patrón, un modelo, llamado “atractor extraño” (ni puntual, ni periódico), que se caracteriza por ser de inestabilidad limitada, por un desorden ordenado y por una irregularidad regular, capaz de captar las nuevas realidades y valores que emergen de un sistema globalmente considerado (empresa, economía nacional, sistema financiero, etc.), en el que las correlaciones, a diferencia de lo que ocurre en la economía del pensamiento lineal, son ya macroscópicas y no locales. A medida que aumenta el “grado de extrañeza” del atractor, casos a), b) y c) de la *Figura 7*, el sistema se hace más sensible a esa pérdida de información que reduce el tiempo de predicción y hace más “oculto” el modelo de gestión.

Atractores (extraños)



- Figura 7 -

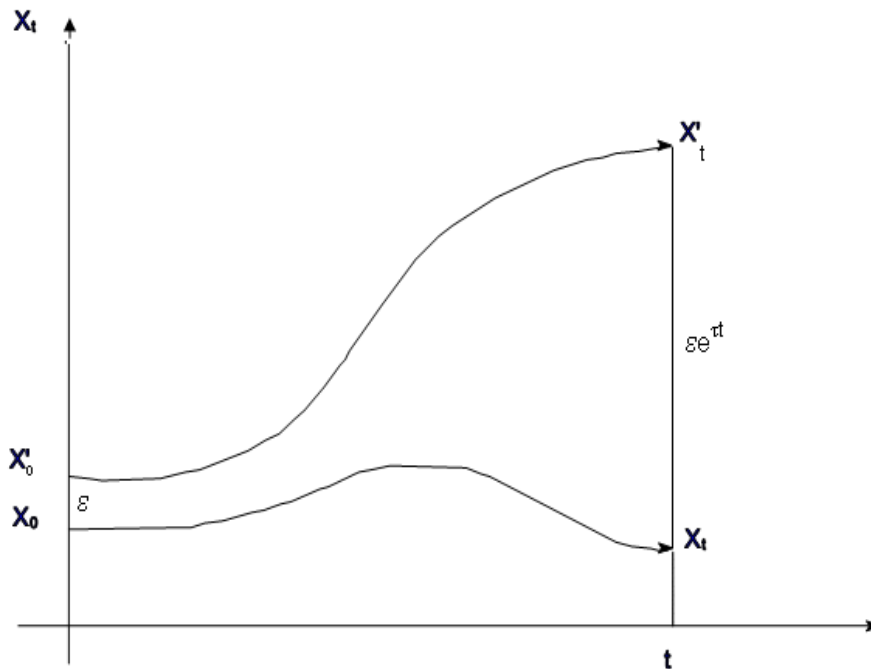
En nuestra herencia del principio causa-efecto los conceptos de linealidad, localidad y globalidad están íntimamente relacionados. La linealidad está estrechamente relacionada con la localidad, pues supone que los casos que ocurren en un lugar y en un momento determinado están causados por lo que

acontece en su proximidad espacial y temporal⁶. Se considera que son los sucesos más locales los que ejercen una influencia sobre los resultados, las llamadas correlaciones locales. La linealidad y la localidad de los fenómenos observados fueron esenciales para empezar a entender la globalidad, pues el entendimiento comienza en lo local que, por un proceso de agregación o integración, hace que el todo sea la suma de las partes. Esto es lo que nos lleva a los sistemas dinámicos integrables, en cuyo primer plano se encuentran los lineales, que nos permiten extender al futuro los datos del presente, es decir, la predicción. Pero en el mundo de la incertidumbre (principio de Heisenberg) el observador-decisor incide en la realidad observada. En los fenómenos sociales las interacciones de la no-linealidad hacen que, en su evolución, las partes mejor aisladas se confundan con el sistema en su totalidad. Así, el sistema va acumulando incertidumbre y el atractor “clima económico” (sostenibilidad, productividad, competencia, ahorro, marco institucional, ...) va aumentando su grado de extrañeza y acortando los tiempos de predicción.

En la modelización matemática la noción de trayectoria es fundamental y la predicción es exacta, cualquiera que sea el momento del tiempo reversible t . En la modelización estadística, reducible a trayectorias, a medida que el tiempo de predicción se alarga, el intervalo de predicción se hace más amplio.

En la modelización caótica el comportamiento del sistema con atractor extraño es tal que las trayectorias que salen de dos puntos muy próximos x_0 y x'_0 en el espacio de estados (Fig. 8) se alejan unas de otras de manera exponencial en el curso del tiempo. Las distancias ε entre estos dos puntos pertenecientes a dichas trayectorias crece proporcionalmente a la función e^{τ} , en donde τ , positivo para sistemas caóticos, es el llamado exponente de Lyapunov.

⁶ Nieto de Alba, U. (1998): *Historia del tiempo en economía. Predicción, caos y complejidad*, pág. 43. Ed. McGraw-Hill, Madrid.



- Figura 8 -

Después de un tiempo de evolución, el conocimiento del estado inicial del sistema pierde valor para predecir su trayectoria futura más allá de ese horizonte temporal (meses, días, incluso horas) que define el tiempo de predicción. Para prolongar este tiempo de predicción sería preciso pagar el elevado precio de aumentar la precisión de las condiciones iniciales hasta límites prácticamente irrealizables, dependiendo ello de los exponentes de Lyapunov. Aquí aparece un nuevo concepto, el llamado tiempo de Lyapunov, definido por el valor inverso del exponente τ , es decir $1/\tau$, que marca el tiempo de predicción en los sistemas caóticos.

La gran novedad que nos ha aportado este descubrimiento es que, a medida que aumenta el valor del parámetro, una misma ecuación nos proporciona, nuevamente, estabilidad y equilibrio, lo que parece indicar que el orden y el caos de un sistema son característicos de un proceso indivisible. Entrar en el caos, salir de él y volver a un caos de mayor complicación -característica de las familias de sistemas dinámicos no lineales- corresponde, también, a los

sistemas reales. Aunque normalmente contemplamos el mundo desde la perspectiva del orden, ahora podemos ver las cosas desde otra perspectiva, según la cual el orden aparece como intermitencias de un atractor extraño que capta las nuevas realidades y valores del entorno en la evolución global del sistema. Ello nos proporciona el modelo científico para una gestión preventiva y compleja, en la que la inestabilidad y los desequilibrios constituyen procesos autoorganizativos conducentes a un nuevo orden. Se trata de procesos que llevan el germen de lo que Schumpeter llamó “destrucción creativa”, lo que no ha sucedido en el caso de la crisis actual.

3. FRACTALES FINANCIEROS

La gestión convencional en el estudio sobre el cambio de los precios suele distinguir los cambios pequeños y transitorios de esos otros cambios grandes y a largo plazo. Sin embargo, en la gestión caótica no cabe esta dicotomía, ya que no separa, sino que une, los pequeños cambios a corto plazo con los grandes a largo. Ello se debe a que la localidad espacial y temporal, por efecto de la no linealidad, se va confundiendo con la evolución global del sistema.

Lo que nos enseña el descubrimiento de los atractores extraños respecto a las predicciones y pronósticos estadísticos es que la aleatoriedad no viene generada solamente por causas exógenas, sino también por la propia dinámica del sistema. Así, las cotizaciones $y_1, y_2, \dots, y_b, \dots$, en el mercado bursátil están influidas por las predicciones y conjeturas sobre los rendimientos futuros $r_1, r_2, \dots, r_b, \dots$, de los títulos; pero, a su vez, las cotizaciones afectan a los rendimientos, razonamiento que resulta válido, asimismo, para otros mercados, como el de divisas. De aquí, que los fundamentos (balances, beneficios, dividendos, etc.) dejen de ser una variable independiente con la que las cotizaciones se puedan corresponder. Cuando las decisiones de inversión no se corresponden con los fundamentos, no se forman esos valores normales del mercado que definen el equilibrio. Al desvincularse las cotizaciones de esos elementos de juicio que entran en las expectativas de los actores, la variable y_t se caotiza, de modo que el punto de equilibrio se mueve en esa zona de inestabilidad limitada contenida en el atractor extraño. Ello hace que fallen las hipótesis de las expectativas racionales basadas en los principios de linealidad y equilibrio.

Suponiendo que los agentes económicos conocen el verdadero modelo subyacente en la realidad económica, por ejemplo, un modelo lineal $y_t = \alpha y_{t-1} + \beta + u_t$, donde la estabilidad del modelo exige que $-1 < \alpha < +1$, siendo u_t , con $E(u_t) = 0$, la variable aleatoria de ruido blanco (normalmente gaussiano) que

explica los shocks aleatorios exógenos. En este ejemplo estamos ante una ecuación integrable y, por tanto, podemos calcular la predicción de y_t , es decir $E(y_t)$, en función del pasado (método retrospectivo) si conocemos la condición de contorno para $t = 0$, por ejemplo y_0 (valor fijo):

$$E(y_t) = \alpha^t y_0 + \frac{1 - \alpha^t}{1 - \alpha} \beta$$

Pero en el caso de la H.E.R. los valores de la magnitud y_t (precios, cotizaciones, etc.) dependen de las conjeturas sobre y_{t+1} , éstas a su vez de las de y_{t+2} , ..., y así sucesivamente. En este caso sería preciso conocer la condición del contorno final para calcular la predicción de y_t en función del futuro. Este valor tendría que ser el correspondiente al punto de equilibrio para $t \rightarrow \infty$, es decir:

$$E(y_t) \rightarrow \frac{1}{1 - \alpha} \beta \quad (\text{Fig. 4})$$

Sin embargo, si la dinámica es caótica, con aleatoriedad endógena, el modelo permanecer oculto, falla la integrabilidad y el principio del equilibrio, de manera que la impredecibilidad hace de las expectativas racionales algo más difícil de aceptar sin incurrir en contradicciones.

También hace que falle la teoría de los mercados eficientes, tan vinculados al principio de equilibrio y del ruido blanco. La hipótesis de los mercados eficientes supone que las cotizaciones de los títulos $y_1, y_2, \dots, y_t, \dots$, reflejan (descuentan) toda la información que está disponible para los inversores del mercado, en el que no hay costes para operar ni operadores dominantes. Según Fama (1965), si la teoría del mercado eficiente es válida, el análisis técnico es más bien astrología y carece de valor para el inversor. Dependiendo de la cantidad de información tenemos las tres formas siguientes:

- *Forma débil*: Se presenta cuando las cotizaciones $y_1, y_2, \dots, y_t, \dots$, incorporan expectativas racionales sobre los rendimientos $r_1, r_2, \dots, r_t, \dots$, que se comportan aleatoriamente (random walk); ($r_t = \epsilon_t$, siendo ϵ_t , la variable que refleja los shocks aleatorios exógenos). Su corroboración empírica se hace a través de tests convencionales, como el de correlogramas próximos a cero, o mediante espectros de potencia con bandas casi planas que permiten identificar la existencia de procesos puramente aleatorios.
- *Forma intermedia*: En este caso las cotizaciones incorporan una información sobre los rendimientos esperados, que se estiman mediante un mode-

lo lineal autorregresivo del tipo $r_t = \beta r_{t-1} + \alpha + \varepsilon_t$, en el que la variable aleatoria ε_t sigue representando los shocks aleatorios exógenos. La estimación de los parámetros y la corroboración empírica del modelo se hace por los métodos de la econometría convencional.

- *Forma fuerte:* Esta hipótesis admite que toda la información del entorno y privada se halla totalmente reflejada en las cotizaciones $y_1, y_2, \dots, y_t, \dots$, es decir, que nadie puede tener nueva información sobre los rendimientos futuros $r_1, r_2, \dots, r_t, \dots$, superior a la normal. Su comprobación empírica se fundamenta en que la “performance” de las carteras gestionadas por cualificados profesionales no sea superior a la “performance” de la cartera del mercado.

Aplicando este método a la gestión de fondos llevada a cabo por G. Soros nos encontramos con una “performance” próxima a la gestión del caos. Así, en vez de prever las fluctuaciones estudiadas por los análisis convencionales, se trata de invertir de forma diferente al saber aceptado y, cuanto mayor sea esta diferencia, mayor será el beneficio absoluto, no el relativo. Para ello, se apuesta por hipótesis de expansión/depresión no triviales, donde el potencial de beneficio es muy superior al que se obtiene en situaciones próximas al equilibrio. En estas zonas, dice G. Soros, no sólo se ven afectados los precios, sino también los fundamentos, y se parecen más a un terremoto que sale fuera del territorio del equilibrio. Incluso añade que las pautas producidas son recursivas (las configuraciones irregulares se repiten a todas las escalas), de modo muy parecido a los fractales de Mandelbrot. En cuanto a la racionalidad que preconiza, consiste en admitir la falibilidad, aceptar el fracaso de sus hipótesis y poner a prueba otras nuevas. Aunque en alguna parte de su libro menciona la aproximación a la teoría del caos, sin embargo, la desconoce.

George Soros, ya había publicado hace unos diez años el libro “*Crisis del Capitalismo*”, en el que trataba la reflexividad y cuestionaba el fundamentalismo de la teoría del equilibrio. En una carta mía, de marzo de 1999, le decía: “*La reflexividad en los mercados financieros, en donde el futuro que intentan prever las decisiones depende de las propias decisiones, es uno de los aspectos más sugestivos de lo que yo llamo la gestión estratégica del caos. Esta teoría, que nos señala los límites de la predicción, nos dice que, cuando la información se degrada rápidamente, los tiempos de predicción se reducen, incluso, a horas o minutos. Pues bien, al trasladar esto al campo de la gestión financiera, la información que sirve de base para la predicción (función cognitiva), al estar contaminada por las decisiones de los actores (función ejecutiva), se vuelve variable endógena, de tal forma que es el pro-*

pio gestor el que crea el futuro, a diferencia del gestor fundamentalista que intenta anticiparlo mediante una información exógena (principio del equilibrio y teoría de las expectativas racionales)". También le decía: "La evolución hacia la globalización habría que contemplarla como un proceso creativo, integrador y de aprendizaje, con una gestión estratégica que, asumiendo inestabilidades limitadas, evite que el sistema se deslice hacia una inestabilidad explosiva (auténtica crisis sistémica) y, al mismo tiempo, lo empuje hacia un nuevo orden más estable, aunque con un mayor nivel de complejidad".

Le felicitaba por ser un gestor que había sabido exponer la necesidad de un nuevo paradigma científico para el cual el principio del equilibrio pasa a ser un caso particular. En su amable carta de agradecimiento por las publicaciones enviadas me decía que estábamos en la misma onda (*we are in the same wave*). El nuevo libro, dedicado a la actual crisis financiera, ya lo titula "*El nuevo paradigma de los mercados financieros*".

Así, es preciso, pues, considerar que la información va surgiendo de la propia dinámica interna del sistema y pasa a ser una variable endógena, al depender de las propias decisiones de los inversores que la van creando. En base a la información endógena del sistema (cotizaciones, plazos, mercados, ...), que se degrada en cuestión de minutos, los inversores toman decisiones en tiempo real, dando lugar a entornos inciertos que el analista convencional y la prensa intentan relacionar con alguna causa o información exógena del entorno (I.P.C., tipos de interés, P.I.B., ...).

Si la serie temporal de índices bursátiles o de cotizaciones $y_1, y_2, \dots, y_b, \dots$, la representamos en la *Fig. 6*, podemos visualizar los atractores extraños a), b) y c) en el espacio de fases (*Figura 7*), sus cuencas de atracción y el grado de ocupación, lo que constituye los llamados "fractales financieros". Aquí es donde aparece ligada la aleatoriedad con la geometría fractal de B. Mandelbrot.

El concepto de dimensión fractal es un instrumento importante conducente a caracterizar cuantitativamente el atractor caótico. Dadas las dificultades de cálculo, se obtiene la dimensión de correlación a través de la integral de correlación. Si el sistema es puramente aleatorio (ruido blanco) la dimensión de correlación tiende a infinito. Un atractor con dimensión 2.4 quiere decir que está inmerso en un espacio de, al menos, tres dimensiones. Ello significa que un conjunto de tres variables independientes es suficiente para definir el sistema. En las series económicas y financieras se buscan atractores de baja dimensión (generalmente, menos de cinco); pero la medida más importante

es la llamada entropía de información, que mide la velocidad a la que el sistema dinámico destruye información, y que también se puede calcular a través de la integral de correlación⁷. Mientras en los atractores puntuales o periódicos (Figs. 4 y 5) la entropía de información es cero, en el caso de la Figura 7 tendríamos que la mayor entropía de información correspondería al caso c).

Tiempo de predicción. Consideremos una serie de cotizaciones de $N = 1.300$, calculadas con una aproximación de dos cifras decimales, lo que supone una indeterminación sobre los valores observados tal que la revelación de la cifra siguiente nos proporcionaría una información adicional de uno sobre diez, es decir, que nuestra precisión sobre el estado del sistema se reduce a $N/10 = 130$; en otras palabras, que nuestro conocimiento a priori antes de iniciar la sesión es equivalente a $\log_2 130 = 7$ bits de información. Si el atractor tiene una entropía de información de $K = 0'5$, es decir, una pérdida de información de medio bit por día, tendríamos que el tiempo de predicción sería $0'5 t = 7$, o sea, $t = 14$ días. En un sistema unidimensional con un solo exponente de Lyapunov podemos escribir $K = \tau > 0$, de modo que el tiempo de Lyapunov será $1/\tau = 1/K = 2$ días; esto es, frente a la predicción, por cada dos días se pierde un bit de información inicial. Si quisiéramos ampliar el horizonte de predicción del sistema, por ejemplo a un mes, necesitaríamos disponer de una información inicial equivalente a 15 bits. En nuestro caso, manteniendo la misma aproximación para cada dato, tendríamos que ampliar el número de observaciones a $N = 10.2^{15}$, lo cual resulta prácticamente imposible. Ello nos muestra los límites de la predicción y nos obliga a un diálogo constante con la realidad observada si no queremos quedar atrapados en alguna parte del atractor en completa incertidumbre.

Nassim N. Taleb, autor del libro “*El Cisne Negro*”, que goza de una gran experiencia en el campo de las predicciones bursátiles, al criticar la teoría neoclásica de las finanzas y de los mercados eficientes, basada en modelos lineales con ruido blanco gaussiano, y que nos hace confiar en que dominamos la incertidumbre, nos recuerda fracasos como el de Long-Term Capital Management (LTCM), gestionado con la participación de Robert C. Merton y Myron S. Scholes, quienes habían obtenido el premio Nobel apoyados en el método gaussiano y mediante fórmulas matemáticas compatibles con las teorías sobre el equilibrio financiero. Previamente, lo habían logrado Harry M. Markovitz y William F. Sharpe por su teoría de la cartera de valores moderna. Según Merton, antes de esta teoría las finanzas eran una serie de

⁷ Ver Nieto de Alba, U. (1998): *Historia del tiempo en economía (Predicción, caos y complejidad)*, pág. 90 y Apéndice. Ed. McGraw-Hill. Madrid.

anécdotas, reglas generales y manipulación de datos contables, y, a partir de entonces, estas teorías acapararon la atención de los profesores de finanzas y de los masters en administración de empresas, así como la venta de software, por millones de dólares, de métodos avalados por premios Nobel.

Para huir de la aleatoriedad domesticada (Cisne blanco) en juegos esterilizados, como en los casinos (falacia lúdica), este autor la vincula con la geometría fractal⁸ que nos permita situar el Cisne Negro en nuestro campo de posibilidades y poder reducir su efecto sorpresa convirtiéndolo en un Cisne Gris. Para ello, contrapone a los modelos gaussiano y exponencial, donde la probabilidad de las desviaciones a la media va disminuyendo significativamente (mediocristan), una distribución de tipo potencial que llama mandelbrotiana o fractal. En esta distribución define el fractal como la ratio de dos “excedencias” (probabilidad de valores mayores que x y $x+n$), independiente para valores grandes de x . El autor muestra una aproximación vaga de exponentes para varios fenómenos. El exponente, el que acusa mayor valor, aproximadamente 3, corresponde a una distribución escalable (extremistan), atribuida a los movimientos de Bolsa.

También reconoce que el hecho de saber que estamos en un entorno de leyes potenciales no nos dice mucho, dada la dificultad de medir los exponentes, mayor todavía que en el sistema gaussiano; pero considera que es una forma general de ver el mundo, pues el mero hecho de saber que la distribución es escalable o fractal es suficiente para poder operar y tomar decisiones. Si bien la fractalidad no convierte al Cisne Negro en un suceso predecible, mitiga sus efectos, lo convierte en un Cisne Gris.

Pero, insistimos, esta vinculación de la aleatoriedad con Mandelbrot hay que contemplarla a través de la fractalidad del atractor caótico (ni puntual, ni periódico) que, al tener asociada una entropía de información, nos va a permitir disponer de una síntesis científica para describir los cambios y la evolución global del sistema, tal como veremos seguidamente.

⁸ La geometría fractal, propia de la naturaleza, trata de estructuras que proporcionan la clave de la dinámica no lineal, cuya belleza se inspira en la armoniosa disposición del orden y del desorden, tal como aparecen en los objetos naturales: nubes, árboles, ríos o copos de nieve. Al observar esta complejidad, apreciamos que también está organizada y que por autosimilitud reproduce a pequeña escala lo que observamos a nivel global. Para ello necesitamos una idealización matemática basada en una estética diferente a la que hemos heredado de la filosofía griega, del ideal platónico de las formas euclídeas (longitudes, áreas, volúmenes, etc.), que nos permiten descubrir la naturaleza tal como es. Su principal creador fue Benoît Mandelbrot, que utilizó los ordenadores para estudiar la fractalidad.

4. LA RUTA TERMODINÁMICA DE LA CRISIS

De acuerdo con la *Figura 3*, una vez que a partir de K_3 el sistema abandona el orden, la regularidad y la estabilidad y deja paso al desorden, la irregularidad y la inestabilidad, se va haciendo presente el Cisne Gris a través de la evolución global del sistema. La dinámica lineal del Cisne Blanco (teoría económica y econometría) ya no permite descripciones en las que se hace presente la flecha del tiempo. Si queremos descubrir cambio y evolución tenemos que recurrir a la biología (aproximación a Darwin) o a la termodinámica. En economía esta división de la ciencia supone que para la evolución y los cambios hay que recurrir a la estructura y a la historia. Sin embargo, en los últimos años se ha producido una confluencia de estas dos dinámicas, de cambio y evolución global, que ya nos permite disponer de una síntesis científica que, abarcando orden-desorden, estabilidad-inestabilidad y equilibrio-no equilibrio, ha unido las piezas que había separado la ciencia clásica⁹.

No se trata ni de imitar a la física ni de una transferencia directa de conocimientos a la economía; pero, aunque no exista una transferencia directa de una ciencia a otra, sin embargo es admisible una transferencia indirecta siempre que el conocimiento en los correspondientes campos se pueda derivar de algún principio de lógica universal, de modo que los fenómenos puedan ser interpretados de forma diferente en cada uno de ellos. Tal es el caso del principio de entropía, que encuentra tan amplia aplicación en campos de la física, la estadística, la comunicación, la ingeniería y la economía.

La transformación de la realidad por medio de la acción humana, que conduce a nuevas formas de pensamiento, está ligada al campo de la termodinámica, que rompe completamente con el sistema mecanicista. En su primera versión clásica -la termodinámica de los sistemas cerrados (Carnot)- y de acuerdo con su segundo principio, el sistema evoluciona de lo organizado a lo desorganizado, lo que viene medido por el incremento de entropía. Esta versión la conoció Marx cuando predijo la destrucción del sistema capitalista: En términos económicos, el movimiento del mundo hacia la máxima entropía es equivalente al movimiento de autodestrucción que actúa sobre el sistema capitalista. Así, en la sociedad, como en la termodinámica, la dirección del tiempo conduce al estado de equilibrio térmico, la sociedad sin clases. De la misma forma que un sistema alcanzaría un estado uniforme de máxima entropía, todas las clases diferentes, todas las estructuras y todas las contradicciones que generaran movimientos tenderían a desaparecer.

⁹ Precisamente, el conseguir esta síntesis ha sido el objeto de mis dos libros citados "Historia del tiempo en economía" y "Efecto mariposa y crisis financiera. Fallos regulatorios".

En la segunda versión -la termodinámica de los sistemas abiertos próximos al equilibrio (Onsager y Schrödinger)- se puede crear orden introduciendo información, entropía negativa, también llamada negentropía, mediante la acción humana. El ejemplo clásico, donde el conocido diablo de Maxwell ha desplazado al demonio de Laplace del paradigma determinista, considera un recipiente de moléculas calientes y frías. Con la información que dispone va cerrando o abriendo el paso a las moléculas calientes y frías, consiguiendo así un sistema más ordenado (de un lado, todas las moléculas calientes y del otro todas las frías). En economía, esta versión de los sistemas abiertos viene dada por la intervención del Estado del modelo keynesiano (tipos de interés, presión fiscal, gasto público, ...). En un sistema abierto en relación con su entorno la evolución hacia el estado estacionario (equilibrio con su entorno) exige que la incertidumbre (entropía) interna del sistema sea mínima y compensada con la correspondiente información (negentropía) de la política económica, para que el sistema pueda ser descrito, en su evolución hacia el equilibrio, en dinámica lineal del ruido blanco. La síntesis keynesiana constituye una descripción situada en un mundo sin cabida para las inestabilidades y turbulencias.

Pero, ¿qué pasa cuando la producción de incertidumbre (entropía) del sistema se eleva y su transferencia al entorno no resulta compensada por la política económica, por ejemplo por las recetas keynesianas?. Aquí, las fluctuaciones, en vez de regresar, se amplifican, invadiendo el sistema global (como el caso de la actual crisis financiera) y dando lugar a esas turbulencias que durante mucho tiempo se han venido produciendo, como desórdenes, caos y crisis sistémicas. En tal caso el sistema ya no puede ser descrito en dinámica lineal y gestionado desde estrategias propias de la economía próxima al equilibrio. Ello nos obliga a recurrir a la tercera versión de la termodinámica, la de los llamados sistemas disipativos (Prigogine) que, lejos del equilibrio, atraviesan puntos críticos en los cuales el sistema se reestructura. Así, el sistema, en su dinámica evolutiva global, pasa de la estabilidad a la inestabilidad y de la proximidad al equilibrio al alejamiento del mismo, manifestado a través de un incremento de incertidumbre interna del sistema que destruye la información que recibe del entorno, medida por la entropía interna del sistema. A partir de aquí la incertidumbre del sistema ya no puede ser compensada por actuaciones de política económica convencional de “más de lo mismo”.

Poniendo en conexión esta evolución con la expuesta en la *Fig. 3*, donde una misma ecuación no lineal (como la logística) pasa por las etapas señaladas -la de pequeñas inestabilidades ($K < K_3$), en que el incremento de incerti-

dumbre puede ser compensado con información y pequeños cambios desde el entorno, “más de lo mismo”, y le es aplicable la dinámica estadística (todavía lineal)-, hasta que, para mayores valores del parámetro ($K > K_3$), el desorden y la fractalidad del Cisne Gris (dinámica caótica) se van haciendo presentes, ello se corresponde con la historia de un sistema que, en contacto con las nuevas realidades y valores de su entorno (en el caso del sistema financiero, la innovación y la globalización), siente la llama seductora del atractor caótico.

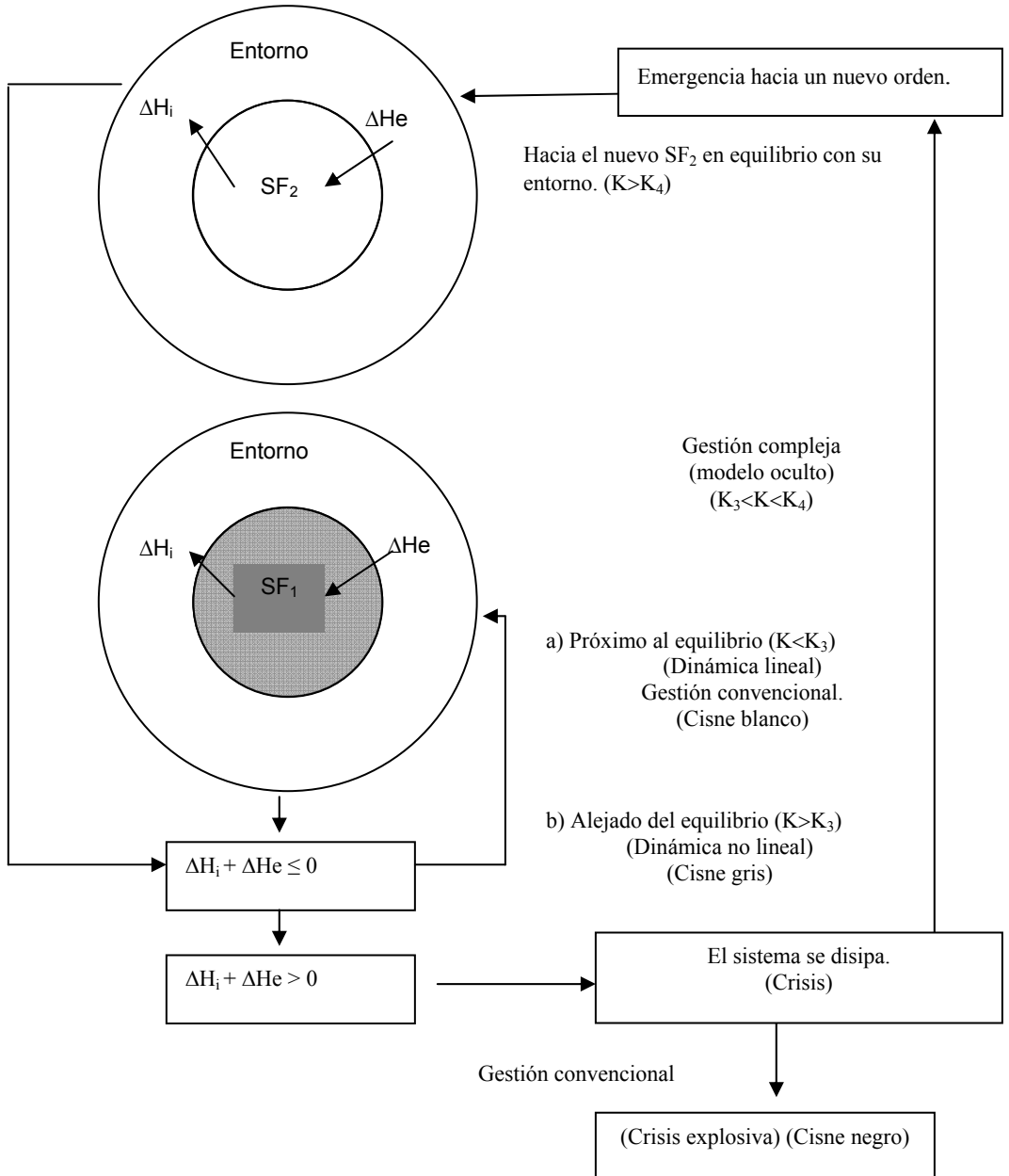
Aunque era corriente hablar del incremento de entropía política, social y económica para expresar procesos de degradación o de desorden, sin embargo, resultaba demasiado arduo en su aplicación a sistemas distintos de los físicos de energía, razonablemente bien definida en términos de calor y temperatura. Ahora, nos encontramos con que los atractores caóticos, al tener asociada su entropía de información, han dado un giro desafiante al problema de medir la entropía de ámbitos colaterales, como el de la economía. Con ello también llegó a la economía la cuestión de relacionar estas dos descripciones y, al igual que en la física, disponer de una síntesis que nos permita captar la evolución global del sistema desde el orden, la estabilidad y la aproximación al equilibrio, pasando por la etapa de inestabilidad caótica, alejada del equilibrio, hacia un nuevo orden más complejo de estabilidad y aproximación al equilibrio. Ello nos permite situarnos en la zona del Cisne Gris ($K_3 < K < K_4$) y gestionar la evolución global del sistema hacia un nuevo orden de mayor complejidad pero más estable. Es decir, pasar de la inestabilidad fractal a un nuevo orden de estabilidad, tal como se indica en la *Figura 3*, a partir del valor de $K > K_4$. En esta zona de fractalidad hay que prescindir de las condiciones iniciales de las ecuaciones, ya que las trayectorias de la dinámica de los cambios no pueden captar los procesos de autoorganización que se dan a la largo de la evolución global del sistema (evolución de la evolución).

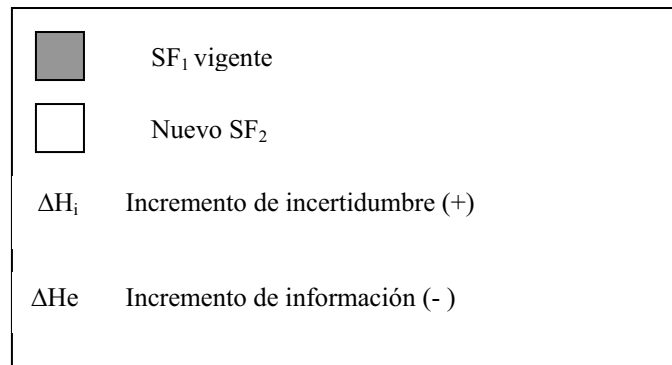
Los productos financieros y los sucesivos efectos a través de los mercados han ido produciendo un incremento de incertidumbre (que en la *Figura 9* se representa por ΔH_i) enviada al entorno global. El entorno, a través de la política monetaria, ha ido introduciendo información -que representaremos por (ΔH_e)- para compensar este sucesivo incremento de incertidumbre. Mientras el balance resultaba favorable a la información del entorno, es decir, $\Delta H_i + \Delta H_e < 0$, el sistema financiero (SF_1) estaba en esa zona de proximidad al equilibrio, donde la gestión de la política económica, siguiendo la ruta a) de la *Figura 9*, responde a una dinámica lineal, es decir, a las recetas keynesianas para conseguir esa estabilidad macro que, como resumen de lo micro por un proceso de agregación lineal, considera que las perturbaciones son exó-

genas (ruido blanco). Tengamos en cuenta que la econometría convencional descansa mucho en el modelo gaussiano, en el que la suma de pequeñas causas (teorema central del límite) constituye perturbaciones de ruido blanco. Se trata de una arquitectura bella, donde la estabilidad del modelo supone la estabilidad del mundo real, pues no tiene en cuenta que en la complejidad de lo global el “todo” no es la mera suma de las partes y que las correlaciones macroscópicas pueden dar lugar a efectos de retroalimentación con aleatoriedad endógena (ruido caótico) que aleja el sistema de esa senda del equilibrio que le señala el modelo.

La famosa fórmula del chino David Li, la Cópula gaussiana, que venía a resolver el problema más irresoluble de los cuánticos de Wall Street, la correlación existente entre incumplimientos de las obligaciones de pago, estaba basado en que los mercados financieros no funcionaban aisladamente, es decir, que las correlaciones no son locales, lo que ocurría a un determinado producto o en un determinado lugar, geográficamente muy lejano, afectaba al conjunto, es decir, que estábamos ante correlaciones macroscópicas donde se hace presente la complejidad de lo global. Pero la Cópula gaussiana se basa en los paradigmas de la econometría actuarial convencional, tal como lo expuso el autor en un Congreso cuántico (2003) donde se dieron cita las luminarias de las finanzas cuánticas. Así, al error de los físicos cuánticos considerando que toda incertidumbre es probabilizable como los juegos de casino, se añade el error de un actuario del espacio educativo anglosajón, hacia el cual mira el llamado proceso de Bolonia, calculando probabilidades condicionadas de impagos como si fueran seguros de vida, y considerando que la aleatoriedad asociada a la estabilidad del Pool o Cartera de riesgos es ruido blanco gaussiano y no ruido caótico mandelbrotiano. Eso sí, todo ello con sueldos de Wall Street.

EVOLUCIÓN Y CRISIS DEL SISTEMA FINANCIERO





- Figura 9 -

En el caso del sistema financiero (SF₁) que estamos analizando su evolución hacia la crisis ha ido incrementando incesantemente la incertidumbre (ΔH_i), introduciendo riesgos mal valorados en el mercado global, con falta de transparencia en los balances de las entidades de depósito, hasta generar una crisis de confianza en el mercado interbancario. Todo ello ha dado lugar a que el balance, tras esa tensión evolutiva, resulte favorable a la incertidumbre frente a la información (que tiene signo negativo), ΔH_e. A partir de aquí, el SF₁ se fue adentrando en la zona fractal del Cisne Gris (ruta hacia el caos). La crisis financiera deviene cuando el incremento de incertidumbre en el sistema global cambia de signo, es decir, ΔH_g = ΔH_i + ΔH_e > 0, percibida ya claramente cuando las turbulencias (agosto 2007) señalaron con nitidez la entrada en la zona de inestabilidad¹⁰, al reducir las predicciones a días, incluso a horas.

Ello hubiera exigido, siguiendo la ruta b) (Fig. 9), situarse en el Cisne Gris, tomar medidas preventivas para mantener la confianza en el sistema bancario, garantizando los depósitos y avalando el funcionamiento del mercado interbancario. Y esto no más tarde de agosto de 2007. Tomadas estas medidas preventivas, la gestión del Cisne Gris hacia el nuevo sistema financiero (SF₂) requería seguir el protocolo de la complejidad. En esta gestión lo exógeno deja paso a lo endógeno, la predicción a la descripción y a la creación y en ella la estabilidad del sistema exige nuevas reglas de juego que, incorporando valores compartidos emanados de la evolución del propio sistema,

¹⁰ Así lo pusimos de manifiesto en la primavera de 2008, tal como lo exponemos en el libro "Efecto mariposa y crisis financiera. Fallos regulatorios". Ediciones 2010. Madrid, 2008.

definan acciones, limitaciones y costes a asumir de las externalidades a proteger, que permitan internalizar los costes de estabilidad de sistema.

Sin embargo, esto no es lo que ha ocurrido, pues la gestión de la crisis ha seguido la gestión convencional de la ruta a) de la *Figura 9*: Aproximación al equilibrio, información exógena, econometría convencional, expectativas racionales, mediante recetas keynesianas de más de lo mismo. Las sucesivas rebajas de los tipos de interés pasaron de “variable causa” a “variable efecto” hasta aproximarse a cero, es decir, el modelo de gestión propio de la econometría convencional, que está basada en principios de estabilidad y proximidad al equilibrio, predominio de los modelos lineales, distinción entre variables endógenas, exógenas y aleatorias de ruido blanco, normalmente gaussiano por aplicación del teorema central del límite; y, lo que no es menos importante, la insuficiencia de datos para ajustar y contrastar el modelo. Pero estamos en presencia de un atractor caótico que, con su doble mecanismo de expansión y contracción, nos señala los límites de la predicción y nos conduce a la econometría caótica. Esta ya no se basa en la estabilidad y el equilibrio, al admitir que la dinámica económica puede tener carácter endógeno. No distingue entre variables endógena y exógenas, no se presenta el problema de la identificación y la inferencia no es paramétrica. Todo ello, en vez de alejarnos, nos fue adentrando más en la crisis global.

Para hablar de la duración de la crisis tenemos que recurrir a los conceptos de tiempo histórico y tiempo creación. El primero viene marcado por el balance positivo entre el incremento de entropía (incertidumbre) y el incremento de información; pero, como este balance está en función de la capacidad de gestión que reduce o acelera el ritmo del tiempo histórico, las crisis durarán tanto más cuanto más dure la crisis de gestión. Los esquemas, modelos, métodos y estrategias prevalentes para gestionar los problemas de hoy en política, sociedad, economía y finanzas no resultan ya adecuados. Para cualquier observador neutral es obvio que los esquemas utilizados para abordar estos problemas no son los apropiados. Esta falta de ajuste con la realidad afecta también a nuestras creencias y valores, envolviendo por completo el paradigma del pensamiento lineal de la economía convencional, que no permite enfrentarse con las tensiones e inestabilidades que caracterizan los sistemas económicos complejos.

Mientras las ciencias físicas y biológicas ya se han desembarazado de las clásicas visiones mecanicistas y lineales y están evolucionando según la dialéctica de la complejidad, en el orden social y económico, por efecto de ideologías con pretensiones de globalidad, está durando más esta legalidad científica del pensamiento lineal.

La historia del tiempo en economía nos muestra cómo en su evolución la disipación del sistema cerrado neoclásico (Carnot-Marx) se decanta hacia un sistema abierto próximo al equilibrio (Srödinger-Keynes). Pero, para los sistemas abiertos que, en los procesos de integración y globalización se disipan (Prigogine), todavía no se cuenta con el homólogo de Keynes en esa línea de evolución darwiniana hacia formas más diferenciadas, organizadas y complejas.

BIBLIOGRAFÍA

- CAPRA, F. (2003). *“Las conexiones ocultas”*. Ed. Anagrama. Barcelona.
- FERNÁNDEZ DÍAZ, A.. (1994) *“La economía de la complejidad. Economía dinámica caótica”*. Ed. McGraw-Hill. Madrid. (1999) *“Dinámica caótica en economía”*. Ed. McGraw-Hill. Madrid.
- GREENSPAN, A. (2008). *“La edad de las turbulencias. Aventuras en un nuevo mundo”*. Ediciones B, SA.
- MANDELBROT, B. (1987). *“Los objetos fractales”*. Tusquets Editores. Barcelona.
- NIETO DE ALBA, U. (1998) *“Historia del tiempo en economía (Predicción, caos y complejidad)”*. Ed. McGraw-Hill. Madrid. (2000) *“Gestión y control en la nueva economía: Innovación, Integración y Globalización”*. Ed. C.E.R.A. Madrid. (2006) *“La gestión del modelo oculto en economía”*. Publicado en el libro *Economía efectiva*. Miscelánea en homenaje a José Jané Solá. Coordinación Oscar Jané y Jesús Timoteo. Ed. Milenio. Lleida.
- (2008) *“Efecto mariposa y crisis financiera. Fallos regulatorios”*. Ediciones 2010. Madrid.
- PARKER, D. y STACEY, R. (1994). *“Chaos, management and economics: the implications of non-linear thinking”*. Institute of Economic Affairs (IEA). London.
- POPPER, K. (2005). *“El mito del marco común”*. Ed. Paidós Ibérica, SA. Barcelona.
- SCHNEIDER, E. D. y SAGAN, D. (2008). *“La termodinámica de la vida”*. Tusquets Editores, S.A. Barcelona, 2008.
- SCHEINERMAN, E.R. (1996). *“Invitation to Dynamical Systems Prentice Hall Inc.”*.
- SOROS, G. (2008). *“Nuevo paradigma de los mercados financieros”*. Ed. Taurus. Madrid.
- TALEB, N. N. (2008). *“El Cisne Negro”*. Ediciones Paidós. Barcelona.
- TORRERO MAÑAS, A. (2008). *“La crisis financiera internacional y la economía española”*. Ediciones Encuentro SA, Madrid.
- VAN DOREN, C. (2006). *“Breve historia del saber”*. Ed. Planeta, S.A. Barcelona.
- VEGAS ASENSIO, J. y NIETO DE ALBA, U. (1993). *“Matemática actuarial”*. Ed. Mapfre. Madrid.
- WAGENSBERG, J. (2002). *“Si la naturaleza es la respuesta, ¿cuál es la pregunta?”*. Tusquets Editores. Barcelona.