

## NOTAS METODOLÓGICAS: DE LA ECONOMETRÍA CLÁSICA AL ANÁLISIS NO LINEAL\*

Luis Mata Mollejas\*  
Roger Da Costa S.\*\*  
IIESS, FACES, UCV

### Resumen:

La complejidad económica, manifestada en los tres conceptos que definen el valor del dinero: capacidad adquisitiva, tasa de interés y tipo de cambio, se magnifica al involucrarse con la complejidad política al momento de la previsión. Por ello la Ciencia Económica en su pretensión de proporcionar leyes explicativas para la previsión con un margen aceptable de incertidumbre, viene incorporando métodos de ajustes no lineales y delimitando los aportes de la econometría como herramienta de uso común o tradicional. Al respecto, el presente ensayo hace una revisión sucinta de la presente etapa de la epistemología económica y da cuenta de una secuencia procedimental como aproximación preliminar a un método general para la evaluación de la complejidad, a partir de la econometría.

**Palabras claves:** Econometría, ajuste no lineal, epistemología económica.

### 1.- INTRODUCCIÓN: LA ECONOMÍA, JUEGO DE COOPERACIÓN Y CONCURRENCIA

La comprensión de la actividad económica orientada hacia la reproducción del capital y por ende a potenciar ganancias en un período preciso, incluye, habitualmente, el referirse a las condiciones requeridas para ello en el momento presente y la consideración de las circunstancias del pasado; debiendo añadirse que la aproximación a la previsión encierra en sí un acto intelectual y un componente intuitivo, ubicable fuera del campo de la objetividad. J. M. Keynes se refirió a ese particular propósito de la economía financiera señalando que el "juego" de la inversión profesional era intolerablemente aburrido y demasiado exigente para quienes carecieran del instinto del jugador, mientras que quien lo poseyese debería pagar por esa propensión un "peaje" apropiado.

El uso del término "juego" evoca la existencia de una atmósfera de incertidumbre y confrontación; por lo cual la teoría de juegos trata de abstraer elemen-

---

\* Se agradecen los comentarios preliminares de Sary Levy, sin que se le puedan atribuir responsabilidades por los errores que puedan subsistir.

\* lmatan@cantv.net, \*\* rogercos@cantv.net

tos de confrontación o estrategias-opciones de acción- dentro de condiciones que no pueden insertarse dentro de la teoría clásica de las probabilidades, pues se trata de intereses en conflicto, en condiciones de información incompleta. Así, resulta necesariamente provisional y limitada la proposición de normas elementales y de su interacción para la comprensión cabal que permita o justifique una previsión certera –sin incertidumbre- y una decisión absolutamente racional o basada en el campo de la ciencia tradicional.

Según los antecedentes históricos que puedan evocarse (desde las atrevidas aventuras que impulsaron a la humanidad a escaparse del solar nativo y de la relativa seguridad del entorno familiar, hasta la especulación bursátil -relativamente moderna- se han intentado aproximaciones intelectuales, mágicas primero y científicas luego, para reducir los elementos de incertidumbre.

*La discusión científica contemporánea incluye la oposición a las técnicas de quienes aceptan de alguna manera como elemento central el juicio sobre la información del pasado, con preferencia por la acción a partir de imágenes del futuro. El último hito de esta querrela es la consideración de la evolución de las matemáticas y de las teorías asociadas al concepto de complejidad.*

Esta aproximación es la que se aborda en el presente ensayo, la cual toma como objeto de referencia, en su componente empírico, el comportamiento de dos precios fundamentales: la tasa de interés y el tipo de cambio, y un índice político –el de riesgo país- cuya formación involucra a varios actores macro económicos: El Estado, la banca, las empresas y las familias en un complejo juego de cooperación y concurrencia.

## 2.- LIMITACIONES DE LA MACROECONOMÍA TRADICIONAL

Una descripción sucinta de la economía contemporánea dirá que, en los tiempos que corren, el habitante de cualquier país –en la mayoría de los casos- cobra en dinero la remuneración de su trabajo. En el mercado adquiere sus bienes de consumo pagando en dinero; quedando en la banca local o nacional la fracción de los salarios o renta no gastada. La totalidad de los depósitos de la banca local o nacional, representan un valor que puede ser mayor o menor que los haberes del conjunto de ciudadanos en el exterior. Pero en todo caso, a los efectos de la economía nacional, las colocaciones en el exterior constituyen una fuga de capitales asociada a una merma de la inversión reproductiva en el país; lo cual es causa eficiente de un menor crecimiento económico. En los últimos años, la movilidad internacional de capitales asociada a la exacerbación de la inversión especulativa –habida cuenta de la diversidad de activos- ha coincidido con tasas bajas de crecimiento económico para el promedio mundial; la depre-

sión en no pocos países, déficit crecientes del sector público en la gran mayoría de los casos, la acumulación de papeles públicos en las bancas locales y un consecuente sometimiento de esas instituciones a las vicisitudes de carácter político, nacional e internacional.

Pero la visión tradicional de la economía simplifica una realidad compleja plena de incertidumbre, a más de considerar como “datos” los valores de las variables determinados en otras esferas de la actividad social como el campo jurídico institucional; así la dinámica económica interactúa con la dinámica sociopolítica, haciendo que los diferentes procesos macroeconómicos sean el resultado neto de la interacción de muchos agentes que operan y reaccionan simultáneamente. De allí, que sean poco defendibles las hipótesis súper simplificadoras de que cada uno de los agentes se desenvuelve en un entorno cognoscible en su totalidad o prefijado, como propone el modelo de equilibrio general pareto-walrasiano<sup>1</sup> con la reducción máxima de los elementos sociopolíticos a la hipótesis del “tatonnement”, o el extremo opuesto de minimizar el mecanismo económico para privilegiar hipótesis sociológicas como la “lucha de clases” en las interpretaciones simplistas del pensamiento de Marx.

*El otro extremo, aceptar que la variedad de casos críticos<sup>2</sup> justificaría el recurrir a explicaciones “ad-hoc”, con importantes ingredientes exógenos y el enfrentar los fenómenos con políticas de carácter correctivo, omite la consideración del hecho de que tales casos son repetitivos en muchos sentidos –como los craques financieros de finales del siglo XX- lo cual permite suponer que la ocurrencia no es casual, y que los fenómenos críticos resultarían de la culminación de procesos normales cuando traspasan ciertos límites y serían, por lo tanto, previsibles. Las consecuencias finales son: (a) la importancia de*

---

<sup>1</sup> Francois Perroux (1969: 1, 57) presenta una larga disquisición donde muestra hasta la saciedad como el modelo pareto-walrasiano de equilibrio general es, solamente, un esquema lógico económico que presupone la solución previa de tensiones políticas; por lo cual, en última instancia la abstracción “pura” del intercambio en término de mercado, precios y cantidades, es un “ejercicio” de referencia; a lo más “un caso límite” que por sus especiales características, puede incluso “generalizarse” al introducir referencias diversas a la influencia del poder y a la actuación de los distintos agentes socio-políticos.

<sup>2</sup> Desde el ángulo de los eventos particulares, cabe resaltar que en el período 1972-1982 aparecen los grandes déficit norteamericanos; que la OPEP impone los precios del petróleo, que proliferan los centros financieros, y que se incentiva la privatización de los medios de pagos internacionales, con el consecuente debilitamiento del FMI y de las instituciones monetarias nacionales. En los países latinoamericanos, el alza de las tasa de interés lleva a la crisis de la deuda. Aparecen las áreas del euro y del yen y se refuerzan los acuerdos de integración económica.

*previsibles. Las consecuencias finales son: (a) la importancia de proponer una ley explicativa, pues la política a aplicar sería entonces preventiva y no correctiva y (b) que dicha ley debe hacer explícita la interacción entre los elementos económicos y los socio-políticos.*

En síntesis, de la descripción exacta de los procesos económicos, y de la proposición de explicación de los mismos, se ocupa la ciencia económica, considerando la evolución de las circunstancias institucionales. Por esto último la economía, como ciencia, debe admitir explicaciones temporales o que varían con el paso del tiempo; es decir, proponer las explicaciones válidas dentro de un determinado contexto histórico. Pero el tributo que la economía paga a la historia, induce el riesgo de disolverla en un catálogo de casos y de negarse a sí misma como ciencia. La solución al conflicto planteado, que surge del incremento de complejidad al considerar los eventos políticos, se resuelve al aceptar en economía, como lo ha sido en otras ciencias, que unas pocas y sencillas leyes pueden dar origen a un riquísimo número de posibilidades tremendamente sensibles a variaciones pequeñas en las condiciones tomadas como iniciales, sin mengua: a) de que los actores adopten conductas que evolucionan de acuerdo a su experiencia previa en situaciones similares; produciendo comportamientos conjuntos con algún grado de predictibilidad; b) de que ellas deben anticipar un futuro, siempre en transición dentro de un sistema dinámico<sup>3</sup>, tal como lo hace el especulador<sup>4</sup> y c) que ello constituye una estrategia científica de carácter general si se examina la transformación de las diferentes ciencias.

---

<sup>3</sup> Los sistemas son conjuntos de elementos en interacción y los dinámicos son aquellos que permiten establecer relaciones de transformación entre las variables con el transcurso del tiempo. Así, las variables pueden expresarse como del tipo  $\mathbf{x}(t)$ . Alexander Liapunov, a fines del siglo XIX, se preocupó por establecer las propiedades o características de las transformaciones en el tiempo, en particular de la estabilidad, y de la inestabilidad. Ello implicó el estudio de ecuaciones diferenciales, del tipo  $d\mathbf{x}/dt = \mathbf{A}\mathbf{x}$  en donde  $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2 \dots \mathbf{x}_n$ , son funciones desconocidas; esperando que los valores iniciales de las funciones  $\mathbf{x}_n$  fuesen muy pequeños y que se mantuviesen en el tiempo dentro de límites prefijados. Según el número de variables  $\mathbf{x}$ , es posible pasar de una recta a un espacio de  $n$  dimensiones.

<sup>4</sup> El especulador supone, que "adivina" mejor que la multitud, lo que esta va a realizar en el futuro. Así hay un componente de riesgo y un componente probabilístico. Por eso surgieron las tesis de las anticipaciones concebidas como extrapolación (expectativas adaptativas) y las resultantes del razonamiento o expectativas "racionales": Muth, Lucas, Sargent, Wallace. La epistemología moderna califica las condiciones descritas como "caóticas" analizables con técnicas derivadas de las matemáticas no lineales.

### 3.- LA EVOLUCIÓN DE LA CIENCIA

Hasta mediados del siglo XVII la observación del movimiento de los astros arrojaba visiones de trayectorias arbitrarias, pero Newton pudo, con pocas y sencillas leyes, apoyadas en el cálculo diferencial, establecer órbitas predecibles y dar fundamentos a la física como generalización de los hallazgos astronómicos. Para mediados del siglo XVIII, la ley de la oferta y la demanda y la persecución del propio interés establecieron un equivalente en economía al modelo newtoniano. La armonía social y el progreso dependían de la libre interacción de los egoísmos particulares. En el siglo XIX Poincaré y Marx, respectivamente, harían observaciones críticas sobre esas propuestas explicativas en el campo de la física y de la economía.

Hoy, sobre la base de la preferencia por algunos elementos de la dualidad conceptual que se presentan en el cuadro de síntesis N° 1, podemos admitir con Ibáñez (1990:9) que ha habido tres grandes fases en la evolución de la ciencia: determinismo; indeterminismo de primera especie e indeterminismo de segunda generación. En la etapa del determinismo, hasta el siglo XIX, la ciencia describe fenómenos y propone explicaciones relativamente libre de "ruidos estadísticos" (explicaciones con errores despreciables). **Así se busca la predecibilidad bajo el supuesto de que los fenómenos se perciben en situación de certidumbre con características regulares o periódicas y por lo tanto representables con modelos sencillos, lineales en lo posible, y con variaciones constantes en el tiempo (estables-estacionarias).**

En el debut del siglo XX, en la primera etapa del indeterminismo, se estudia fenómenos cuyas explicaciones admiten "ruidos" apreciables, aunque manejables en el sentido de que a partir de unas condiciones iniciales podían encontrarse varios estados finales con distintos niveles de probabilidad. **Así, cualquier ley determinista podía considerarse como el caso límite de una ley in determinista más general, según la cual la probabilidad de ocurrencia de uno de los estados finales posibles se acercaba a la certeza.**

En el presente, o etapa del indeterminismo de segunda generación se enfocan fenómenos cuyas leyes explicativas empíricamente adolecen de errores o desviaciones que convergen muy lentamente o que no lo hacen, mostrando bifurcaciones de valores con intervalos de confianza crecientes; por lo tanto el resultado de la predicción es ambiguo y tremendamente sensible a variaciones pequeñas en las condiciones iniciales.

Por último, debe señalarse que en el mundo simplificado de la ciencia determinista el objeto de estudio resultaba simétrico con relación al tiempo. Se suponía que el presente permitía inferir el pasado y el futuro; mientras que en la

etapa del indeterminismo de segunda generación el pasado y el presente se manifiestan, pero el futuro permanece indeterminado. Esta etapa se denomina también de la complejidad, porque el devenir, de apariencia azarosa<sup>5</sup> es indeterminado.

#### 4.- ¿CÓMO PERCIBIR, EVALUAR Y ENFRENTAR LA COMPLEJIDAD?

La literatura corriente (véase Morín, 1981 entre otros) señala que la complejidad incluye los siguientes elementos: (a) organización sistémica- los fenómenos son algo más (o menos) que la suma de sus componentes; (b) interacción complementaria entre elementos lógicamente antagónicos; (c) número incalculable de elementos fundamentales y de interacciones; (d) irreductibilidad del azar o incomprendibilidad algorítmica de una secuencia de eventos; (e) trasgresión de la abstracción universalista o importancia de los particularismos; (f) pérdida de autosuficiencia en algunos conceptos y (g) incorporación del investigador en lo observado; pudiendo adelantarse que estas características se perciben claramente en los procesos económicos y en los políticos.

Para finales del siglo XX la literatura propone dos respuestas básicas, estrechamente interrelacionadas, para enfrentar la complejidad. La primera visión corresponde a la teoría del caos y la segunda a la teoría de las catástrofes.

##### 4.1 La visión Caótica

En una primera aproximación a la visión caótica, a partir de la termodinámica; Prigogine (1986: 129) postula que en la medida que las fluctuaciones de las variables se expanden, los sistemas pasan a una situación diferente de equilibrio, traspasado un umbral de transición. Como ello puede ocurrir en cualquiera de los extremos de las fluctuaciones, es posible anticipar una bifurcación; lo cual se denominó "estructura disipativa" y se ha graficado con los esquemas de Feigenbaum<sup>6</sup>. Desde ese punto de vista, la mayor inestabilidad anuncia el punto o

<sup>5</sup> Un sistema determinista  $\mathbf{x}(t) = \mathbf{u}(t, \mathbf{x}_0)$  estará en equilibrio estable si su valor, a lo largo del tiempo, se mantiene próximo al inicial. Esto es, con una diferencia entre los valores tendentes a cero. Intuitivamente podemos decir que para valores de la diferencia menores que cero, el movimiento sería una espiral que se aproxima al punto de origen en un espacio de dos dimensiones; si fuese mayor que cero la espiral se alejaría del origen y si fuese cero se trataría de un movimiento circular alrededor del origen.

<sup>6</sup> La bifurcación se ilustra a partir de una función del tipo  $\mathbf{F}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, \mathbf{h}) = \mathbf{0}$ , en donde  $\mathbf{u}$  es el parámetro de bifurcación y  $\mathbf{h}$  el parámetro de amplitud de la misma. Al respecto, véase, entre otros a Manrique (1987:435-454).

momento de la bifurcación; y ello puede evaluarse cuantitativamente con el criterio de Liapunov. El que se produzca en un extremo u otro se hace depender de la existencia de un “factor de atracción”, elemento que se ha denominado “atractor”:

Una segunda aproximación parte de desechar el ajuste lineal de la ciencia clásica<sup>7</sup>. Los puntos de desviaciones máximas deben ser explicados por razones ad-hoc. En esta segunda aproximación al caos “el ajuste funcional” no es lineal, y debe hallar una curva que incluya a todos los puntos. Entre los antecedentes, estudiando el clima, Lorenz halló una función –un multiplicador- cuya gráfica con bifurcaciones se asemejan a la figura de mariposa, al variar levemente las condiciones iniciales.

Un tercer paso hacia la formación de la teoría del caos, lo da Mandelbrot (1963), quien observa que fenómenos diversos –espaciales o temporales- pueden ajustarse a formas geométricas, sin violencia mayor de la información observada, y que dichas formas responden a un algoritmo iterativo de “fracciones” a la manera del procedimiento de Cantor. Las estructuras particulares estarían así asociadas a un número no entero, real o imaginario, que opera como un atractor y que denomina “fractal”. Finalmente, todo atractor con dimensión fractal recibe la denominación de “atractor extraño”. Así, esta última visión de la teoría del caos permite “regularizar” procesos no periódicos ni cíclicos, a partir de un proceso iterativo con atractores extraños.

**Podemos entonces decir que, el proceso de investigación para calificar de caótico un fenómeno puede iniciarse con ensayos de ajustes lineales, incluyendo la autorregresión y la evaluación del comportamiento de los residuos. Al no alcanzar ajustes satisfactorios de acuerdo a los test apropiados, puede optarse por evaluar el comportamiento del sistema en el tiempo (diagrama de fases), para determinar si la dinámica es convergente, divergente o estacionaria, y postular ajustes sobre la base de ecuaciones no lineales, diferenciales o en diferencias. A partir de aquí, cabe la posibilidad de hallar bifurcaciones en cascada, asociados a la existencia de atractores extraños.**

El régimen caótico no es pues desordenado, aunque las señales que lo anuncian parezcan azarosas. El régimen es sensible a las condiciones iniciales y desde el punto de vista de la representación espacial involucra al menos a tres

---

<sup>7</sup> En el determinismo el ajuste lineal obtiene desviaciones que se supone deben compensarse, dejando un residuo prácticamente desechable. Los referentes empíricos se expresan mediante un diagrama de dispersión denominado “campana de Gauss”.

variables interrelacionables con ecuaciones diferenciables en el tiempo. Así, su referencia es esencialmente dinámica. Por contraste el ejemplo del equilibrio estático sería lo inmutable o inerte como es el caso de los minerales.

#### *4.2. La Visión Catastrófica*

Por su lado, la Teoría de las Catástrofes también permite formalizar visiones de los procesos complejos, utilizando elementos graficables. En una síntesis apretadísima, diremos que desde lo trabajos de Maxwell-Dagum, sabemos que el determinismo requiere de estabilidad estructural para aproximarse al futuro. Así, el sistema será estable si variaciones pequeñas de los parámetros no inducen variaciones sensibles en los resultados. En la visión gráfica de la Teoría de las Catástrofes (Thom, 1977) los parámetros que no cumplan con esas condiciones llevarán a “pliegues” o “quebres” en las superficies. Los diferentes procesos admiten períodos largos de estabilidad paramétrica, y eventualmente presentar lapsos de inestabilidad o atravesar zonas de catástrofes. Pasar de un modelo a otro implica atravesar las zonas-lapsos de catástrofes.

La metodología propuesta por la teoría de las catástrofes consiste en analizar polinomios diversos, de una o dos variables, con singularidades de origen, para establecer el potencial de estabilidad. Cuando ello no ocurre, se añaden términos de orden decreciente, cuyos parámetros se constituyen en variables de control, hasta conseguir la estabilización. Los polinomios así construidos, con el menor número posible de controles se denominan “desdoblamientos universales” de la singularidad de origen y proporcionan “catástrofes elementales”. Los resultados, gobernados por las variables de control, al menos dos, pueden ser visualizados en una superficie. Cuando la trayectoria sobre el espacio controlado cruza los puntos críticos se producen cambios macroscópicos en la variable de resultados. René TOM (1977) describe un conjunto de 7 catástrofes elementales para el espacio-tiempo ordinario. En el caso de las representaciones gráficas sencillas, como en la catástrofe denominada “cumbre”, la inferencia puede ser cualitativa, lo cual facilita las aplicaciones.

#### **5.- COMPLEJIDAD Y TURBULENCIA EN LA ECONOMÍA CONTEMPORÁNEA**

Como es bien conocido el modelo teórico clásico de la armonía social a través del mercado no pudo explicar las alzas y bajas de la producción, del ingreso y del empleo; por lo cual el pensamiento teórico tuvo que responder a las agudas críticas de Marx y de Keynes, entre otros.

En la explicación de Marx, se entresaca por vez primera un elemento que paulatinamente tomará relevancia, y que será eje en las explicaciones a partir de Keynes: la naturaleza del dinero. De "simple" instrumento que facilita el intercambio de mercancías, por nacer como mercancía de referencia general o equivalente genérico, por sus características intrínsecas —el patrón oro—, en virtud de la consolidación del Estado y de la banca, el dinero se va haciendo cada vez más sutil, hasta convertirse básicamente en un símbolo, o lo que es lo mismo en la base de un algoritmo. Pero dicho símbolo es de naturaleza compleja, pues encierra tres modos de valorarlo: capacidad de compra o poder adquisitivo, desplazamiento en el tiempo o tasa de interés; y contraste en el espacio o tipo de cambio.

A esta situación, compleja desde el punto de vista conceptual, debe añadirse la complejidad derivada de la interacción entre los distintos valores, fundamentalmente entre la tasa de interés y el tipo de cambio, pues, aunque con cierta renuencia o parsimonia, se ha venido aceptando que el poder adquisitivo (definición del valor en función de la inflación) es impreciso en la práctica; mientras que la interacción entre el tipo de cambio y la tasa de interés es estrecha cuando la visión del mercado de flujos (oferta y demanda de divisas y de crédito) interactúa con la visión del mercado de activos (asset market). Esta interacción se manifiesta dramáticamente en el mundo capitalista a partir del abandono de la moneda mercancía en fecha tan reciente como 1971.

Así, la complejidad para la valoración se manifiesta en las turbulencias cambiarias ocurridas desde entonces; y en las dificultades o limitaciones de la banca central para enfrentarlas. Para explicar dichas turbulencias ha sido preciso abandonar la visión del equilibrio estático, asociada a la ciencia determinista; aunque muchos analistas, ante las dificultades de la previsión no determinista renuncian a las explicaciones teóricas o "fundamentalistas"<sup>8</sup> y se someten a la pura empiria "chartistas"<sup>9</sup>, como sí la determinación de un valor puntual

---

<sup>8</sup> Engle afirma que el econometrista debe hacer factible la construcción de modelos en donde se muestre la importancia de la interacción entre la teoría y la data, de forma tal que la información "sorpresiva" o inesperada desde el punto de vista del planteamiento teórico inicial contribuya a la construcción de la explicación. Véase la entrevista que hiciera Francis Diebold (1993).

<sup>9</sup> El análisis técnico o chartista consiste en el estudio del mercado (interacción entre la oferta y la demanda, en el cual se determinan precios y cantidades o volúmenes) a través del estudio gráfico de los datos que reflejan la cotización de un instrumento financiero en un tiempo determinado (pudiendo ser días, meses o años).

-predicción a corto plazo- fuese el propósito fundamental y no la explicación de los procesos en sí<sup>10</sup>.

Cabe destacar aquí que, dentro del corto plazo, es evidente el choque de intereses entre los agentes privados –especuladores potenciales o reales- y las autoridades de la banca central, supuestamente preocupada por la buena marcha del proceso económico. Al respecto sólo añadiremos que la conceptualización del equilibrio dinámico como resultante del preajuste financiero, modelado con una sola ecuación y dos variables<sup>11</sup>, deja indeterminada la solución matemática; lo cual explica porque la política económica tradicional toma el atajo del anclaje arbitrario para tratar de “atrapar” un futuro indeterminado.

## 6.- INNOVACIONES EN EL MÉTODO EN ECONOMÍA

¿Cómo enfrentar entonces la elaboración de modelos de referencia o explicativos que reflejen posibilidades de equilibrios múltiples, variaciones cíclicas, discontinuidades o irregularidades aparentes y avizoren las condiciones catalizadoras de cambios estructurales?

La epistemología económica incluye el modelaje econométrico-estructural (con variantes desde la regresión uniecuacional, la simulación multiecuacional y el análisis de series temporales-observaciones de una variable en el pasado para hallar un valor futuro probable) que ha evolucionado desde los métodos clásicos de ajustes de tendencias a los ajustes estocásticos (estacionarios y no estacionarios) y las combinaciones de ellos (como el intento de explicar los residuos de los modelos estructurales mediante el análisis de series temporales, siempre bajo el supuesto básico de que hay un componente aleatorio no explicado) pero evaluable y mantenido dentro de ciertos límites que hacen aceptable el supuesto de verosimilitud con relación a una estimación o previsión cuantitativa.

---

<sup>10</sup> Método de análisis que utiliza toda la información posible sobre cualquier activo (normalmente en el mercado bursátil, acciones). Hace referencia al estado contable de la compañía, sus expectativas de crecimiento, generación de beneficios, todo ello, sin olvidar el entorno macroeconómico donde se desarrolla (tipos de interés, oferta monetaria...). El objeto directo de estos análisis es determinar el precio al que resultaría interesante invertir en función de las expectativas.

<sup>11</sup>  $1/r(V^d - V^s) + ch(S^d - S^s)$ . Véase Mata Mollejas (1999a).

En estos procedimientos el supuesto de linealidad permite hacer afirmaciones cuantitativas bajo ciertas características-propiedades- estocásticas invariables en el tiempo. Es decir la incidencia despreciable o "ruido blanco", de origen aleatorio de lo no explicado; pues cada término de la perturbación ( $\epsilon$ ) se supone con media nula, varianza constante y covarianza nula.'

Pero estos supuestos son muy exigentes y restrictivos y no surgen con frecuencia en la realidad, de allí que la pregunta de si pueden realizarse predicciones con algoritmos no lineales sea pertinente. Se trata entonces de obtener modelos no lineales, manteniendo la rigurosidad de los métodos determinísticos para hallar una suerte de "caos blanco" como alternativa metodológica.

Podemos entonces decir que la ciencia económica, desde hace unos cuarenta años, ha usado: primero, ecuaciones en diferencia (Samuelson, Hicks) y luego (a partir de Goodwin) ensaya el uso de conceptos y de puntos de vista asociados al llamado "caos determinista", aunque los intentos de innovación epistemológica se limitan a postular -develar- supuestas leyes "ocultas" en comportamientos de apariencia aleatoria.

Entre esos diversos ensayos destaca el diseño de modelos explicativos que se validan empíricamente por una estabilidad estructural (a la Dagum); lo cual es indispensable para la prognosis cuantitativa, cambiando las ecuaciones lineales tradicionales por versiones no lineales, a partir del estudio de los comportamientos "erráticos" o "casi periódicos" en las series temporales; al tiempo que se intenta precisar la influencia de las desviaciones pequeñas en las condiciones iniciales<sup>12</sup>.

En síntesis apretada diremos que, las relaciones lineales establecidas entre las variables en la econometría tradicional se interpretan como casos particulares de sistemas interdependientes sometidos a la no linealidad. En este tipo de análisis el uso de funciones como la logística<sup>13</sup> y de las técnicas asociadas a los test de Liapunov parecen particularmente útiles.

---

<sup>12</sup> En las ecuaciones no lineales un pequeño cambio en un parámetro modifica la frecuencia o la amplitud de las oscilaciones cíclicas; mientras que el cambio en las funciones lineales conducen a trayectorias amortiguadas o explosivas pero no cíclicas. Un caso particular es el ciclo límite, al cual hicimos referencia en la nota (6).

<sup>13</sup> La ecuación logística es una diferencial no lineal con un rezago en el tiempo. La versión más sencilla de ella, es la conocida como mapa logístico (ecuación cuadrática con solo un parámetro).

## 7.- EXPERIENCIAS REALIZADAS

En la introducción dijimos que en el presente ensayo tomaríamos como objeto de referencia empírica el comportamiento de dos precios fundamentales: la tasa de interés y el tipo de cambio. Hemos añadido el análisis del riesgo país como un referente de una variable resultante de mayor complejidad pues su cálculo incluye juicios de orden político.

El patrón de referencia es una serie de números aleatorios generados de acuerdo a una distribución uniforme con probabilidades entre 0 y 1 con un total de 1500. Por su origen la serie de números aleatorios debería mostrar un comportamiento no sistemático en el diagrama de fases: la figura de una nube. Por contraste, al suponer que la tasa de interés, el tipo de cambio y el riesgo país obedecen a una ley no explícita, o función matemática no definida, el diagrama de fases debería mostrar la existencia de un comportamiento no aleatorio; lo cual sería un indicio del comportamiento caótico determinista tal como ha sido presentado en los párrafos precedentes.

La experiencia realizada utiliza datos relativos a Venezuela, según observaciones con frecuencia diaria para el periodo 1997-2003 para la tasa de interés, el tipo de cambio y el riesgo país. Las figuras 1, 2 y 3 corresponden a los diagramas de fases para la tasa de interés, el tipo de cambio y el riesgo país. Su contraste con el gráfico No. 4 relativo a la serie aleatoria de números, muestra que:

- Las variables económicas en referencias, de acuerdo al diagrama de fases, evidencian la existencia de tendencias dentro de rangos variables; es decir, un comportamiento no aleatorio, y
- La serie relativa a la tasa de interés tiene una mayor variabilidad que la relativa al riesgo país y al tipo de cambio.

Lo anterior nos permite afirmar que la discusión teórica sobre la interacción entre la tasa de interés y el tipo de cambio deberá considerar relevante la diferencia de variabilidad observada en los diagramas de fases, si esta se manifestase en otros estudios de caso en donde haya mercados efectivamente competitivos.

## 8.- CONCLUSIONES

¿Puede plantearse y estudiarse la ciencia económica en términos de "Complejidad"? Es decir, ¿Puede verse la economía como un sistema complejo, o de desorden aparente, supuesto el que exista un orden cuyo código se desconoce?

A lo largo de los últimos tres siglos ha predominado una visión determinista (sin incertidumbre y con estabilidad lógica), como la que acepta como paradigma de referencia el modelo de Equilibrio General Neoclásico (referido al mecanismo de subasta en condiciones tan utópicas como la información completa, sin costos y la competencia perfecta) menospreciando el hecho de que las diferencias de proyectos de los innumerables agentes convierte a la economía en un particular juego de cooperación y conflictos, capaz de producir resultados de apariencia azarosa o caóticos.

La consideración de tal hecho hace evidente las limitaciones metodológicas o lógicas de las aproximaciones algorítmicas lineales. Al considerar adicionalmente las evidencias arrojadas por la experiencia realizada con las series de tasa de interés y tipo de cambio, concluimos que la empírea no contradice la inferencia lógica: los procesos económicos pueden someterse al estudio científico mediante las metodologías surgidas en la presente etapa de la evolución de la ciencia.

Por ello coincidimos con destacados analistas como el citado Fernández y Díaz y el recién designado Premio Nóbel Robert Engle, quienes sostienen que el progreso futuro de la Ciencia Económica esta asociado al uso de modelos no lineales y a programas de investigación interdisciplinario, entre economistas y científicos de la naturaleza, expertos en el tratamiento de la no linealidad, para entender el sistema económico como un sistema complejo en evolución y encontrar técnicas que mejoren las estimaciones cuantitativas. En tal sentido, el uso del diagrama de fases, como primer escalón de una secuencia procedimental, puede verse como parte de un método general de investigación, a partir de la econometría.

Finalmente, cabe enfatizar que Engle también reconoce, como lo hiciera con antelación Malinvaud, que las técnicas econométricas deben ajustarse a la naturaleza del fenómeno que trata de evaluar; desprendiéndose de sus comentarios que las técnicas de cointegración están acompasadas con la modelística macro económica; mientras que los aportes de Engle, referidos a la volatilidad se compaginan con la problemática de la microeconomía financiera.

## Cuadro de síntesis No. 1

*Dualidades Epistemológicas*

|   |   |
|---|---|
| Determinismo                              | Indeterminismo                          |
| Certidumbre                               | Incertidumbre                           |
| Certeza                                   | Probabilidad                            |
| Predicibilidad                            | Impredicibilidad                        |
| Orden                                     | Caos                                    |
| Continuidad                               | Discontinuidad                          |
| Regularidad                               | Irregularidad                           |
| Periodicidad                              | Aperiocidad                             |
| Linealidad                                | Bifurcación                             |
| Estabilidad                               | Inestabilidad                           |
| Equilibrio                                | Desequilibrio                           |
| Estática                                  | Dinámica                                |
| Insensibilidad a la condiciones iniciales | Sensibilidad a la condiciones iniciales |
| Simplicidad                               | Complejidad                             |
| Uniformidad                               | Turbulencia                             |
| Reversibilidad                            | Irreversibilidad                        |
| Racionalidad                              | Intuición                               |

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

De Grauwe, P. y otros (1993), *Exchange rate Theory*, Blackwell, Oxford.

Diebold, F. (1993), "The ET interview: Professou Robert F. Engle", mimeo, University of Pennsylvania.

Fernández Díaz, A. (1994), *La Economía de la Complejidad*, Mc Graw Hill, Madrid.

Ibáñez, J. (1990), "Nuevos avances en la investigación social", *Anthropos*, suplemento No. 2, Barcelona.

Levy S. (2002), "Complejidad Económica desde la Perspectiva Caótica", *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, Vol VIII, No. 2.

Lorenz. E. (1993) *The Essence of Chaos*, UCL, Press, Washington.

Mandelbrot, B. (1963), "New methods in statistical economics", *Journal of Political Economy*, No. 71.

Manrique, R. (1987), "Estructuras disipativas. De la termodinamia a la terapia familiar", *Revista Aso. Esp. Neuropsiquiatría*, VII, 22.

Mata Mollejas, L. (1999a), "Essay on the New Economic Synthesis and Financial Hegemony", *The Current State of Economic Science*, Vol III, Shiri Bhagwan Dahiya, Edit. Rothak, India.

— (1999b), "La Teoría del preajuste financiero: algunos indicadores empíricos", *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, Vol VII, No. 2, Caracas.

Morin, F. (1981), *El método. La naturaleza de la naturaleza*, Cátedra, Madrid.

Train, J (1980), "The Money Masters", Penguin Books, New York.

Navarro, J. G. (2002), "No linealidad, dinámica económica: algunos comentarios", *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, Vol VIII, No. 2, Caracas.

Ormerod, P. (1997), *The Death of Economics*, John Wiley & Sons, Inc, New York.

Perroux, F. (1969), *L'economie du XX siecle*, PUF, París.

Pindyck, R y Rubinfeld, D. L. (1980), *Modelos Económicos*, Edit .Labor, Barcelona.

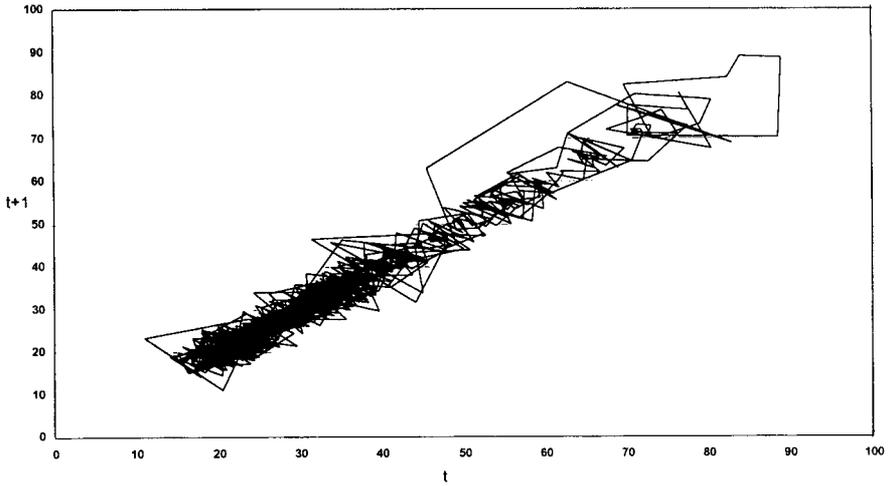
Prigogine, Y. (1986), "Nouvelles perspectives sus la complexite" *Science et pratique de la complexite*, documentation francaise.

Schifter, I (1996), *La Ciencia del Caos*, FCE, Mexico.

Thom, R. (1977), *Stabilité Structurelle et morfogénèsè*, Inter editions, París.

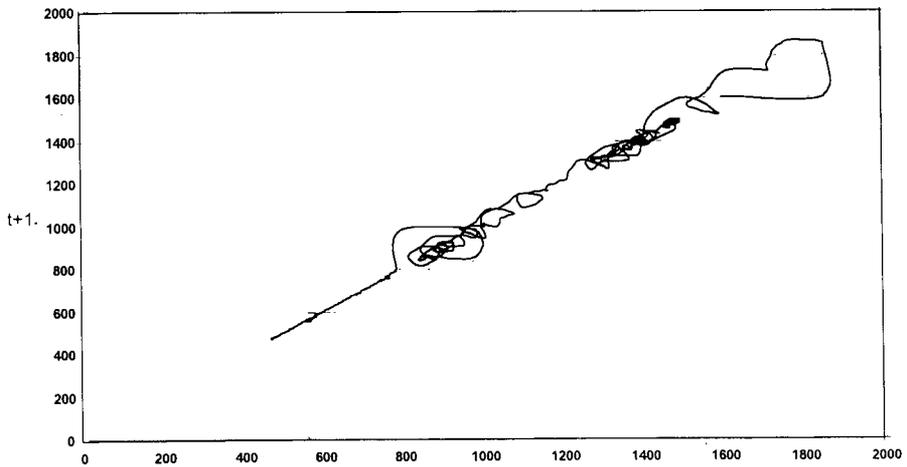
ANEXOS

Cuadro 1  
*Diagrama de Fases: Tasa de Interés Activa Venezuela  
(1997-2003)*

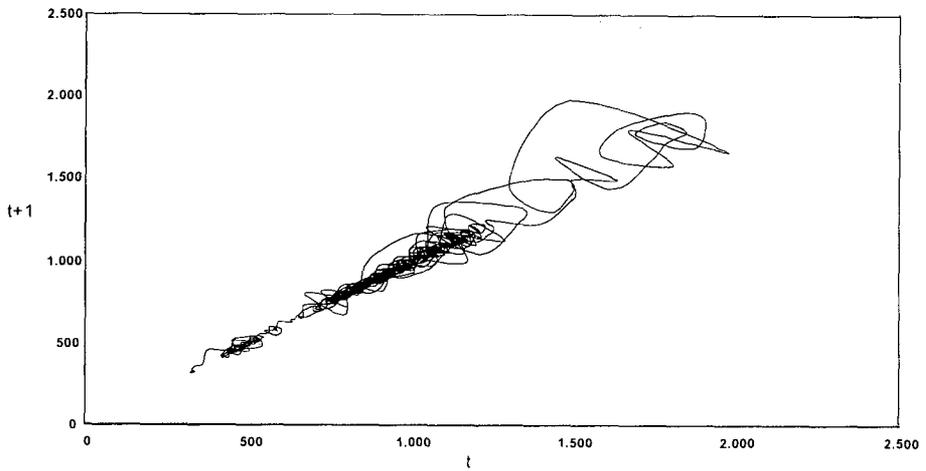


Fuente: Banco Central de Venezuela.

Cuadro 2  
*Diagrama de Fases: Tipo de Cambio Bs/\$  
(1997-2003)*

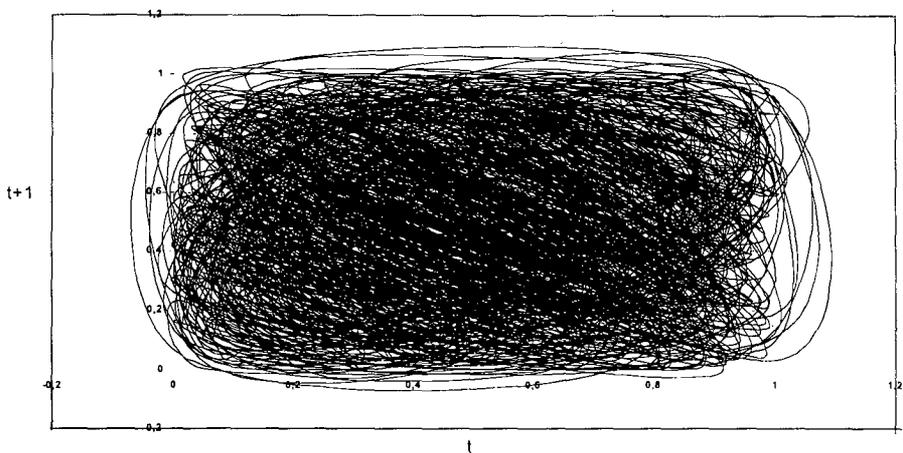


Cuadro 3  
*Diagrama de Fases: Riesgo País Venezuela (1997-2003)*



Fuente: Bloomberg.

Cuadro 4  
*Diagrama de Fases: Números Aleatorios*



Fuente: Elaboración de los autores.