

Análisis estadístico de no linealidades

Hugo Balacco¹

RESUMEN

El presente trabajo, tiene como objetivo un análisis estadístico de no linealidades en el campo de la economía; más precisamente, una investigación sobre el comportamiento del tipo de cambio nominal (peso-USdólar) en Argentina, en la historia contemporánea reciente.

La metodología utilizada se basa en el test BDS (Brock, Dechert, and Scheinkman (1987)). Posteriormente, se estiman modelos de la familia ARCH, con la finalidad de analizar la existencia de "volatilidad". Al respecto, los modelos utilizados son GARCH básico, TGARCH y GARCH con componentes.

Las conclusiones obtenidas, están en concordancia con la mayoría de la evidencia empírica internacional reciente.

Palabras claves

*No linealidad, caos, volatilidad, no linealidad en varianza,
análisis estadístico de no linealidades.*

¹ Profesor Titular de Econometría I y Econometría II de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Cuyo

El autor agradece la colaboración prestada a: Gustavo Maradona por la solución computacional del test BDS y a Stella Maris Giménez de Chirino por el dactilografiado completo del trabajo.

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo perseguido con este trabajo, es el de un análisis estadístico de no linealidades con especial referencia al campo de la economía, más precisamente, una investigación directa sobre el tipo de cambio nominal, peso por USdólar, en Argentina durante el epílogo de la gran inflación en el período 1989-1990.

Este estudio, constituye una continuación de una línea de investigación sobre caos y no linealidades, comenzada en 1997 (Vera de Serio, Virginia N. y Balacco, Hugo R. (1997)).

El trabajo está organizado de la siguiente manera. En la segunda parte se exponen lineamientos generales sobre no linealidades y caos. La tercera, contiene una breve referencia sobre antecedentes con relación al tipo de cambio y no linealidades. La cuarta parte, se destina al análisis estadístico, conteniendo una referencia metodológica al test BDS (Brock, Dechert, and Scheinkman (1987)), y luego los modelos destinados a captar volatilidad (no linealidad en varianza), modelos GARCH básico, TARCH y GARCH con componentes permanentes y transitorios, incluyendo los resultados de la investigación empírica. La última parte del trabajo está destinada a las conclusiones.

II. NO LINEALIDADES Y CAOS

El uso de modelos no lineales aparece como una posible solución hacia una formulación más completa en el objetivo de especificación dinámica. Los primeros intentos en esta línea de investigación aparecen en la década de los años cuarenta y comienzos de los cincuenta; Kaldor (1940), Hicks (1950) y Goodwing (1951). Básicamente, estos modelos muestran cómo la dinámica temporal para las variables endógenas implica convergencia hacia un ciclo límite estable.

A pesar de estos intentos, hasta comienzos de los años ochenta prevalecen entre los economistas la modelización dinámica de tipo lineal. Aguirre L.A. y Aguirre A. (1995) puntualizaron dos razones para explicar este fenómeno. Primero, los modelos lineales en competencia, inclusive los autorregresivos de bajo orden, aparecían como adecuados desde que reproducían los rasgos más salientes de un número importante de series económicas. Por ello, los sistemas dinámicos analíticos se basaban finalmente en modelos lineales o linealizables. Segundo, recién en los años setenta, comienzan a desarrollarse nuevas herramientas para incluir un tipo especial de no linealidades, la dinámica caótica; en la que un mecanismo simple, no lineal, conduce a una dinámica

determinística que se asemeja a un comportamiento aleatorio. En otras palabras, se trata de un sistema determinístico que genera un comportamiento en extremo irregular.

En este contexto, no linealidades pueden producir sostenidas oscilaciones sin necesidad de un shock externo. Más aún, los sistemas caóticos, generalmente exhiben comportamientos sistemáticos de oscilaciones complicadas con cierto grado de impredecibilidad, situación que se puede agravar si alguno de los parámetros cambia en el tiempo.

Por lo tanto, la introducción de no linealidades en Economía, reduce la importancia del rol que juegan en los modelos los denominados "shocks externos", en la explicación de las fluctuaciones económicas. Más aún, diferentes conclusiones sobre política económica pueden ser extraídas de un mismo modelo estructural bajo diferentes supuestos acerca de los valores de los parámetros relevantes.

Muchos tratadistas usan indistintamente los conceptos de caos y no linealidades, tanto desde un punto de vista teórico como empírico. Sin embargo, otro grupo de autores distinguen el caos como un aspecto específico dentro de una categoría más global, la de las no linealidades. Desde un punto de vista teórico, no linealidad aparece como una condición necesaria, pero no suficiente para la existencia de caos, el que además de la no linealidad exigiría de una serie temporal; sensibilidad a las condiciones iniciales; sensibilidad a los valores de los parámetros, puntos periódicos densos y propiedad de transitividad. Estas consideraciones teóricas tendrían su equivalente en el ámbito de referencia estadístico que requiere, luego del análisis de la dimensión de correlación, si ésta resulta baja, recurrir al test de los exponentes de Lyapunov para comprobar la existencia de caos, Fernández Díaz (1994) y Gamez y Torres (1997).

III. NO LINEALIDADES Y TIPO DE CAMBIO. ANTECEDENTES

En términos generales, una parte importante de la evidencia empírica sobre investigación con relación a no linealidades, está asociada a la dinámica caótica; mientras que por otro lado, también son importantes los estudios sobre volatilidad en mercados financieros. En el primer grupo de investigaciones, la no linealidad aparece como una condición necesaria, aunque no suficiente, para luego verificar la existencia de caos. En los estudios sobre volatilidad es común el ajuste de modelos no lineales en varianza de la familia ARCH.

Baillie y Bollerslev (1989) muestran que el tipo de cambio no se distribuye independientemente ya que su media y su varianza cambian con el tiempo.

Hsieh (1988 y 1989) detecta la existencia de no linealidades en el tipo de cambio. Por otra parte, Meese y Rose (1991) usan una serie de procedimientos paramétricos y no paramétricos para detectar no linealidades en el tipo de cambio, obteniendo resultados negativos.

Acerca del comportamiento de fundamentalistas y chartistas en los mercados de divisas, aportan evidencia empírica los trabajos de Allen y Taylor (1990) y Frankel (1990). Los primeros realizan un estudio sobre los principales agentes que intervienen en el mercado de divisas de Londres con el objeto de averiguar el proceso de formación de expectativas. En el corto plazo, la mayoría de los agentes usan técnicas chartistas (extrapolativas o adaptativas) a la hora de tomar sus decisiones; mientras que para horizontes temporales más largos la mayoría tiene en cuenta los fundamentos (variables explicativas relevantes en un modelo estructural). Pilbeam (1995) realiza un estudio sobre los beneficios que obtendrán los diferentes tipos de agentes en función del esquema de expectativas que usan. Estos resultados parecen indicar que los modelos de determinación del tipo de cambio basados únicamente en los fundamentos no pueden explicar las fluctuaciones del tipo de cambio en el corto plazo.

Vassilicos (1990), para detectar la existencia de caos, analiza el tipo de cambio marco alemán-USdólar utilizando el test de la dimensión de correlación de Grassberger y Procaccia (1983). El período muestral cubre una semana, desde el 9 al 15 de abril de 1989, con un total de 20.408 observaciones.

Tata (1991), estudia el tipo de cambio USdólar-franco suizo con un total de 32.200 observaciones, del 9 al 29 de abril de 1989, mediante el test anterior y en forma paralela a otros procedimientos: una comparación con números pseudo-aleatorios, el diagnóstico Shuffle, desarrollado por Scheinkman y LeBaron (1989) y el test BDS. Los resultados son negativos y ninguno de los tests empleados detecta la presencia de caos en la serie analizada.

Tata y Vassilicos (1991) analizan el comportamiento de los tipos de cambio del USdólar-marco alemán y USdólar-franco suizo para un período muestral de 104 años con un total de 29.137. Utilizan los tests de D de correlación, el test de los exponentes de Lyapunov y un test Shuffle. Los resultados son negativos no encontrándose evidencia de comportamiento caótico.

De Grauwe (1993) analiza los tipos de cambio diario, del USdólar-marco alemán, USdólar-libra inglesa y USdólar-Yen japonés en el período 4/1/1971 al 30/12/90. Para los tipos de cambio diarios se acepta la presencia de no linealidades, lo mismo que para los datos semanales. Para datos mensuales, no es tan contundente la evidencia a favor de no linealidades.

Huang (1981) usando la metodología de Shiller (1979), "límites de varianza", obtiene resultados que violan los límites y por lo tanto serían indicadores de volatilidad. El período analizado por el autor va desde marzo de 1973 a marzo de 1979, con datos de frecuencia mensual relativos a los tipos de cambio bilaterales libra-inglesa-marco alemán, USdólar-marco alemán y USdólar-libra inglesa.

Hesieh (1989), utiliza datos de frecuencia diaria para los tipos de cambio bilaterales, USdólar-libra inglesa, USdólar-Yen, USdólar-dólar canadiense, USdólar-marco alemán y USdólar-franco suizo. A través de una estimación de la estadística BDS se pone de manifiesto dependencia no lineal para el período enero de 1974 a diciembre de 1983. El autor encuentra que la modelización GARCH se ajusta bien para el tipo de cambio con relación al franco suizo, dólar canadiense y marco alemán, pero no para la libra inglesa.

Por último, en Campbell, Lo y Mackinlay (1997), en las referencias correspondientes al capítulo 12, se expone una extensa lista de bibliografía específica sobre este tipo de antecedentes.

Además, en la literatura internacional especializada se registra un considerable esfuerzo con la finalidad de comprobar la existencia de no linealidades, básicamente con relación a no linealidades en varianza o volatilidad.

IV. ANÁLISIS EMPÍRICO

1. Metodología Estadística

a. Test BDS

Brock, Dechert y Scheinkman (1987) diseñaron el test BDS, basados en el coeficiente de correlación integral de Grassberger y Procaccia (1983). El procedimiento parte de organizar los datos (prefiltrados, si se desea remover la estructura lineal), en n -historias:

$$x_t^n = \{x_{t-n+1}, \dots, x_t\} \quad (1)$$

y luego se define $C_n(e, T)$ como la fracción de todos los pares de puntos para los cuales $x_{s-t} - x_{t-i} < e$, es decir son puntos "cercaños", en una muestra de n -historias de tamaño T :

$$C_n(e, T) = \frac{\sum_{s=1}^T \sum_{t=s}^T E_{st}}{T(T-1)/2} \quad (2)$$

Su correlación integral $C_n(e)$ es el límite de (2) cuando el tamaño de T crece:

$$C_n(e) \equiv \lim_{T \rightarrow \infty} C_n(e, T) \quad (3)$$

Además, Grassberger y Procaccia, investigan el comportamiento de la correlación integral en la medida que decrece e .

$$v_n = \lim_{e \rightarrow 0} \frac{\log C_n(e)}{\log e} \quad (4)$$

En Campbell y otros (1997), se puede hallar un argumento intuitivo que justifica $v_n = n$ cuando los datos son aleatorios IID (independiente, idénticamente distribuidos). Por otra parte, si los datos no son aleatorios y provienen de un proceso determinístico no lineal entonces se verifica que:

$$v = \lim_{n \rightarrow \infty} v_n \quad (5)$$

Es decir, un proceso determinístico no lineal está caracterizado por un valor finito de convergencia. Por lo tanto, es posible distinguir datos que provienen de un proceso aleatorio IID, de uno no lineal determinístico a través del cálculo de v_n para diferentes n , y comprobar si crece con n o converge a algún valor finito. Este procedimiento requiere T suficientemente grande, desde que e es pequeño en el cálculo de v_n y no se dispone teoría sobre la distribución de v_n .

El estadístico BDS tiende a subsanar estas deficiencias, ya que posee distribución asintótica normal estandar:

$$J_n(e, T) = \frac{\bar{T} C_n(e, T) - (C_1 T(e))^n}{\hat{\sigma}_{n, T}(e)} \quad (6)$$

En relación al sustraendo del numerador de esta expresión se verifica que si los datos son IID, luego para cualquier n :

$$C_n(e) = C_1(e)^n \quad (7)$$

b. Modelos ARCH y GARCH

Esta familia de modelos tiene como principal objetivo captar correlación serial en la volatilidad. Engle (1983), propuso el modelo Autorregresivo condicional Heterocedástico; en el cuál la varianza condicional se expresa como función de las innovaciones pasadas:

$$E(\varepsilon_t^2 / \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots) = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 \quad (8)$$

En (8), la varianza condicional sigue un proceso autorregresivo de primer orden denominado ARCH(1). Para asegurar que la varianza es no negativa α_0 y α_1 se restringen a ser positivos. Más aún, para asegurar la estabilidad del proceso, es necesario que $0 < \alpha_1 < 1$.

El proceso ARCH dado por (8) puede ser extendido para cubrir procesos de un orden superior, por ejemplo el modelo ARCH (q):

$$E(\varepsilon_t^2 / \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (9)$$

En (9), la varianza condicional es un proceso autorregresivo de orden q . Bollerslev (1986), extendió el modelo de Engle para permitir que la varianza condicional siga un proceso ARMA. Ahora, el proceso descripto para el error es:

$$\varepsilon_t = v_t \cdot \overline{\sigma_t^2} \quad (10)$$

donde $\sigma_v^2 = 1$, y

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^2 \quad (11)$$

En el modelo ARCH (p, q) generalizado, GARCH (p, q), si $p=0$ y $q=1$ se obtiene el ARCH (1) o GARCH (0, 1). Si todos los β_i son iguales a cero, el proceso se define como ARCH (q) o GARCH (0, q).

Las ventajas de un modelo GARCH es que un proceso ARCH de alto orden puede tener una representación GARCH parsimoniosa que resulta más fácil de identificar y estimar.

Por ello, el proceso GARCH (1, 1) es el modelo más usado dentro de la familia de modelos ARCH, y se especifica:

$$\sigma_t^2 = w + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (12)$$

en donde los residuos se definen sobre la base de una ecuación convencional del tipo:

$$y_t = x_t \pi + \varepsilon_t \quad (13)$$

En (12), se observa que la varianzá contemporánea depende de tres factores: una constante, volatilidad de largo plazo (mean reversion), innovación en la volatilidad rezagada un periodo, componente ARCH, y la varianzá rezagada un periodo, término GARCH.

Cuando en un modelo GARCH (1, 1), $\alpha + \beta$ es igual a 1, se está en presencia de una raíz unitaria autorregresiva, lo que implica que la volatilidad contemporánea afectará el pronóstico en un horizonte futuro indefinido. A este modelo se lo denomina GARCH integrado o IGARCH (1, 1), que es estrictamente estacionario, pero no estacionario en covarianzas (Nelson, 1990).

Además, dentro de la familia de especificaciones GARCH, a partir de los años 90 han surgido dos modelos destinados a captar asimetría, ya que para ciertos activos financieros, se ha observado muy frecuentemente que movimientos a la baja ó shocks

negativos (“bad news”) producen una volatilidad superior que movimientos hacia arriba o shocks positivos (“good news”) de igual magnitud.

El modelo TARCH o Threshold ARCH fue introducido independientemente por Zakoian (1990) y por Glosten, Jaganathan and Runkle (1994) con la siguiente especificación para la varianza :

$$\sigma_t^2 = w + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 d_{t-1} + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (14)$$

donde $d_t = 1$ si $\varepsilon_t < 0$ y cero si $\varepsilon_t > 0$

El impacto de los shocks positivos se mide a través de α , mientras que $\alpha + \gamma$ recoge el impacto de los shocks negativos. Si γ es significativamente diferente de cero existe asimetría.

Por otra parte, el modelo GARCH exponencial, EGARCH, fue propuesto por Nelson (1991):

$$\log(\sigma_t^2) = w + \beta \log(\sigma_{t-1}^2) + \alpha \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \quad (15)$$

que pone de manifiesto asimetría si $\gamma \neq 0$. Debido a la transformación logarítmica no es posible una varianza negativa. El impacto de los residuos más recientes es ahora exponencial más que cuadrático.

Por último, cabe destacar que el modelo GARCH (1, 1) básico, posee una medida de la volatilidad de largo plazo que es constante en el tiempo, w ; mientras que el modelo GARCH (1, 1) con componentes transitorios y permanentes permite reemplazar este término por otro que posibilita incorporar la volatilidad de largo plazo no constante en el tiempo:

$$\sigma_t^2 = q_t + \alpha (\varepsilon_{t-1}^2 - q_{t-1}) + \beta (\sigma_{t-1}^2 - q_{t-1}) \quad (16)$$

$$q_t = w + \rho (q_{t-1} - w) + \phi (\varepsilon_{t-1}^2 - \sigma_{t-1}^2) \quad (17)$$

Ahora, σ_t sigue representando la volatilidad y q_t reemplaza a w , la volatilidad de largo plazo. Este componente converge w en forma rápida o lenta, dependiendo de ρ ; mientras que para el componente transitorio, $\sigma_t^2 - q_t$, la convergencia a cero depende del valor de $\alpha + \beta$. El modelo de componentes transitorios puede combinarse con una especificación TARCH para permitir asimetría en ambos componentes.

2. Resultados

El análisis empírico se basó en el tipo de cambio financiero en el mercado argentino en el período comprendido entre el 12-12-89 y el 24-12-90 (TCF), con datos de frecuencia diaria; es decir, un total de 270 observaciones. En primer lugar, se filtró la serie con el objetivo de remover la estructura lineal, con un modelo AR(4), el que resultó seleccionado de acuerdo a la metodología de identificación aconsejada por Box-Jenkins (1979). De esta manera, la variable que se incorpora a la investigación empírica siguiente son los residuos (RESIDUO2), que se obtienen luego de ajustar el modelo AR(4) a la serie TCF.

a) Test BDS

Los resultados de este test se exponen en el cuadro N°1, los que ponen de manifiesto evidencia de no linealidad en el cincuenta por ciento de los casos, para $n=2$ y $n=3$, y para valores de e inferiores al desvío standard de la serie RESIDUO2.

Cuadro N°1: Test BDS. Variable: RESIDUO2

Valor de e	n	Test BDS	Valor de e	n	Test BDS
0.0012648	2	5.0674	0.0072648	2	1.1108
0.0012648	3	7.9235	0.0072648	3	2.4551
0.0022648	2	5.4903	0.0082648	2	0.4401
0.0022648	3	9.2640	0.0082648	3	1.9569
0.0032648	2	3.5877	0.0092648	2	0.0545
0.0032648	3	6.5670	0.0092648	3	1.3665
0.0042648	2	2.9419	0.0102648	2	-0.5308
0.0042648	3	4.7451	0.0102648	3	0.7128
0.0052648	2	2.3147	0.0112648	2	-0.7005
0.0052648	3	3.8216	0.0112648	3	0.5370
0.0062648	2	1.6821	0.0122648	2	-1.0075
0.0062648	3	3.0108	0.0122648	3	0.1899

b) Modelos ARCH

Como el test BDS arrojó cierta evidencia de no linealidad, el análisis que se efectúa a continuación lo constituye la modelización de la varianza. En este contexto, se estimaron modelos de la familia ARCH: GARCH (1, 1), TARCH, GARCH (1, 1), con componentes y GARCH (1, 1) combinando los dos modelos anteriores.

Los resultados se exponen en el cuadro N°2 que consta de cinco partes. La primera es el modelo para la media, AR(4) para la serie TCF. La segunda, tercera, cuarta y quinta resume las estimaciones de los modelos GARCH tal como se expone en el párrafo anterior y en ese orden.

En general, la significatividad de los parámetros del modelo GARCH (1, 1) pone de manifiesto la existencia de no linealidad en varianza (volatilidad). Pero, además, en el modelo completo GARCH que contempla componentes permanentes y transitorios e incorpora asimetría, ésta afecta al componente transitorio. Por otro lado, es evidente la existencia de una volatilidad de largo plazo no constante. La asimetría, podría interpretarse en el sentido de que los shocks negativos incrementarán la volatilidad.

Cuadro N°2: Estimación de Modelos
Para la media (AR(4)) y la varianza (ARCH y GARCH)

ARCH//Dependent Variable is TCF				
Date: 12/07/98 Time: 18:26				
Sample (Adjusted): 12/12/1909 12/24/1990				
Included observations: 270 after adjusting endpoints				
Convergence achieved after 11 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.002392	0.002218	-1.078544	0.2818
TCF(1)	1.339720	0.029215	45.8574	0.0000
TCF(2)	-0.607917	0.028332	-21.45682	0.0000
TCF(3)	0.336561	0.029328	11.47583	0.0000
TCF(4)	-0.63858	0.030635	-2.084479	0.0381
Variance Equation				
C	1.11E-05	2.52E-06	4.420009	0.0000
ARCH(1)	0.277715	0.063800	4.352903	0.0000
GARCH(1)	0.643493	0.044256	14.54033	0.0000

R-squared	0.991299	Mean dependent var	0.469293	
Adjusted R-squared	0.991066	S.D.dependent var	0.138872	
S.E. of regression	0.013126	Akaike Info criterion	-8.637141	
Sum squared resid	0.045140	Schwarz criterion	-8.530521	
Log Likelihood	852.5353	F-statistic	4264.054	
Dulbin-Watson sial	1.758513	Prob (F-statistic)	0.000000	
Perm:C	0.000825	0.003325	0.248218	0.0042
Perm: (Q-C)	0.978820	0.080773	12.11818	0.0000
Perm: (ARCH-GARCH)	0.768637	0.218207	3.522521	0.0005
Trans: (ARCH-Q)	0.033024	0.124152	0.266000	0.7905
Trans: (GARCH-Q)	0.515502	1.003387	0.513762	0.6079
R-squared	0.990578	Mean dependent var	0.469293	
Adjusted R-squared	0.990252	S.D.dependent var	0.138872	
S.E. of regression	0.013711	Akaike Info criterion	-8.542719	
Sum squared resid	0.048881	Schwarz criterion	-8.409445	
Log Likelihood	874.8593	F-statistic	3037.118	
Dulbin-Watson sial	1.482185	Prob (F-statistic)	0.000000	
Perm:C	0.000115	0.000127	0.900151	0.3689
Perm: (Q-C)	0.962418	0.042406	22.69519	0.0000
Perm: (ARCH-GARCH)	0.213495	0.041268	5.173359	0.0000
Trans: (ARCH-Q)	-0.256027	0.049326	-5.190490	0.0000
Trans: (RES<0)*(ARCH	0.823600	0.095906	8.587607	0.0000
Trans: (GARCH-Q)	-0.067596	0.082261	-0.821718	0.4120
R-squared	0.990524	Mean dependent var	0.469293	
Adjusted R-squared	0.990158	S.D.dependent var	0.138872	
S.E. of regression	0.013777	Akaike Info criterion	-8.529613	
Sum squared resid	0.049160	Schwarz criterion	-8.383011	
Log Likelihood	880.6891	F-statistic	2707.273	
Dulbin-Watson sial	1.432475	Prob (F-statistic)	0.000000	

V. Resumen y conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten respaldar la hipótesis de no linealidad en varianza (volatilidad) en el tipo de cambio financiero en el período analizado. Evidencia que se puede considerar en concordancia con gran parte de las conclusiones obtenidas a nivel internacional, en la historia reciente, básicamente en regímenes de flotación del tipo de cambio.

Al respecto, cabe destacar la importancia de la volatilidad de largo plazo, no constante en el tiempo y principalmente afectada por la existencia de componentes permanentes significativos.

En relación a la asimetría, incorporada en el modelo TARARCH, es relevante destacar que debe ser considerada como un punto de partida para profundizar los estudios en esta dirección desde que el modelo de referencia es preferible, por su naturaleza, en el análisis de variables que representan activos financieros con retornos asociados. En el contexto del tipo de cambio, una línea de análisis futuro con especificaciones de modelos GARCH con mecanismo de transición suave (Smooth-Transition GARCH Models), resultaría casi imprescindible.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, L. A. y AGUIRRE, A., "A tutorial introduction to nonlinear dynamics in Economics", Texto para discussão Nº88, Univ. Federal de Minas Gerais, Brasil, 1995.
- BEKER, V. A., "Economic Nonequilibrium, Instability and Chaos", XXIX Reunión anual de la Asociación Argentina de Economía Política, FCE, Univ. Nacional de la Plata, Tomo 2, La Plata, 1994.
- BOLLERSLEV, T., "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, 31, 307-327, 1986.
- BROCK, W. A. y DECHERT, D. W., "Non-linear dynamical systems: instability and chaos in economics", *Handbook of Mathematical Economics*, Vol. 4, 2210-2235, Amsterdam, 1991.
- BROCK, W. A. y MALLIARIS, A., "Differential equations, stability and chaos in dynamic economics", Amsterdam, Elsevier, 1989.

- CAMPBELL, J. Y., LO, A., W., MACKINLAY, A., C., "Econometrics of Financial Markets", Princeton University Press, 1997.
- ENDERS, W., "Applied Econometric Time Series", John Wiley and Son. Inc., 1995.
- ENGLE, R., "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of UK Inflation", *Econometrica*, 50, 987-1008, 1982.
- FERNÁNDEZ DÍAZ, A., "La Economía de la Complejidad", ed. Mc-GrawHill, 1994.
- FINKENSTÄDT, B. y KUHBIER, P., "Chaotic Dynamics in Agricultural Markets", *Annals of Operations Research*, Vol. 37, N°2, 73-96, Basel, 1992.
- GAMEZ, C. y TORRES, J. L., "Teoría Monetaria Internacional", ed. Mc.GrawHill, 1997.
- HSIEH, D., "Testing for Nonlinear Dependence in Daily Foreign Exchange Rates", *Journal of Business*, 62, 339-368, 1989.
- HSIEH, D., "Chaos and Nonlinear Dynamics: Application to Financial Markets," *Journal of Finance*, 46, 1839-1877, 1991.
- LO, A., and A. C. MACKINLAY, "Stock Market Prices Do Not Follow Random Walks: Evidence from a Simple Specification Test", *Review of Financial Studies*, 1, 41-66, 1988.
- NELSON, D., "Stationarity and Persistence in the GARCH (1, 1) Model", *Econometric Theory*, 6, 318-334, 1990.
- PEITGEN, H., JÜRGENS, H. y SAUPE, D., "Chaos and Fractals. New Frontiers of Science". New York, Springer-Verlag, 1992.
- PERKO, L., "Differential Equations and Dynamical Systems". Springer-Verlag, 1991.
- VERA de SERIO, Virginia N. y BALACCO, Hugo R., "Dinámica No Lineal en Economía. Un Análisis introductorio", *Anales de la Asociación Argentina de Economía Política*, Bahía Blanca, 1997.
- WEISS, M. D., "Nonlinear and chaotic dynamics: an economist's guide". *The Journal of Agricultural Economics Research*, Vol. 43, N°3, 2-17, 1991.