

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN

Rendimientos de la Bolsa Mexicana de Valores: ¿Mercados eficientes o caóticos?

Universidad Católica, Working Paper Series # 2001-017

Por:

Carlos Raúl Pitta Arcos

Santiago de Chile, Lunes 7 de Mayo de 2001.

Introducción.

El propósito de este trabajo es analizar una serie de tiempo económica, un índice de rentabilidad global del mercado accionario mexicano, para su análisis y caracterización teórica. En particular y de acuerdo a la evidencia empírica que se presentará, nos interesa contrastar la hipótesis de que dicha serie de tiempo es, en realidad, generada por un sistema dinámico no lineal que puede caracterizarse como caótico. El análisis es bidireccionalmente interesante: por un lado, la escasez de literatura e instrumental informático inherente a una rama novísima de la economía matemática plantea una controversia en cuanto a los métodos y las pruebas disponibles; y por otro lado, y quizá aun más inquietante, es que cada vez más la evidencia apunta a que, contrario a lo que se pensaba, un gran número de series económicas, ya no tan sólo financieras sino en la generalidad de la macroeconomía, parecen tener características caóticas. De confirmarse esta característica, implicaría un cambio radical en la manera en que pensamos, analizamos y resolvemos problemas económicos.

El trabajo se articula en 4 secciones más esta breve introducción. En la primera analizamos la serie y damos definiciones preliminares, definimos una hipótesis y exploramos vías para probarla; pasamos luego a revisar la literatura adecuada al tratamiento que queremos darle a la serie, a la par que se presentan los resultados del estudio empírico para el caso de la Bolsa Mexicana de Valores. En la tercera sección se dan conclusiones, se resume la evidencia hallada y se habla un poco de las implicaciones. Finalmente, en la sección 4 se presentan las referencias.

Sección 1: Generalidades.

1.1 Los Datos. Obtuvimos diversas series de datos con información acerca del principal indicador de rentabilidad del sistema financiero mexicano, el Índice de Precios y Cotizaciones o IPC, de la bolsa Mexicana de Valores, para el período que va del 19 de Abril de 1990 hasta el 22 de Marzo de 2001. Particularmente, obtuvimos el dato del índice máximo, el mínimo y la cotización al cierre. Elegimos éste último como nuestra serie de datos. La periodicidad es diaria, así que conformamos un total de 2733 observaciones.

La serie es un indicador bursátil muy parecido al Dow Jones, en el que se ponderan las acciones más transadas y sus resultados del día. Así, se trata de un número índice.

1.2 La rentabilidad. El dato bruto que acabamos de describir nos es poco útil por sí mismo, a menos que lo contrastemos intertemporalmente para analizar su variabilidad, es decir, su rentabilidad. Cualquier concepto próximo a la derivada de la serie sería correcto para definir su rentabilidad. Sin embargo, una manera estándar y conveniente de definir rentabilidad viene dada por:

$$[1] \quad R_t = \text{Ln}(\text{IPC}_t) - \text{Ln}(\text{IPC}_{t-1})$$

En donde R_t denota la rentabilidad del momento t con relación al logaritmo natural del cociente del IPC en el momento t en relación al momento $t-1$. Ésta es la serie que estamos analizando¹.

¹ Cabe destacar la metodología utilizada para la corrección de la serie por el proceso inflacionario que durante el período se verificó en México. Se tomó una serie de tiempo con datos del Índice de Precios al Consumidor, con datos mensuales para todo el período de la muestra del Índice de Precios y Cotizaciones. Se calculó la tasa de crecimiento al final del mes y se hizo un supuesto crucial, en el sentido de que los precios evolucionaban homogéneamente al interior del mes. Así, se supuso que, al interior de un mes dado, la serie de precios evolucionaba de acuerdo al comportamiento de una ecuación diferencial con solución del tipo $X(t)=X(0)e^{rt}$ para todos los valores diarios. Si fijó el valor de los precios como igual a 1 para el primer dato de la serie R_t y se dividió a ésta última por la primera. Ésta es nuestra serie final aquí analizada.

1.3 La hipótesis. Diversos trabajos empíricos (DeCoster y Mitchel, 1991a; Chen 1988) han encontrado evidencias de no linealidad en series de datos monetarios y financieros. Adicionalmente, se han hallado evidencias de movimientos caóticos en series del índice de cotizaciones S&P, rendimientos bursátiles, precios de oro y plata, y tipos de cambio en el mercado negro de monedas europeas (Chen, 1997; Scheinkman y LeBaron, 1989; Frank y Stengos, 1989; Serletis y Gogas, 1997, Respectivamente) Así que tenemos indicios empíricos suficientes para querer evaluar la **hipótesis de que nuestra serie R_t ha sido generada por un sistema dinámico no lineal y posiblemente caótico.**

1.4 Los mecanismos de prueba. La teoría financiera exigirá, en primer lugar, que la serie de rendimientos sea no estacionaria, como se revisará en la sección 2. Así, el análisis deberá comenzar probando simplemente la normalidad o no de la serie, así como si es o no estacionaria. En segundo lugar, revisaremos los indicadores de no linealidad estándar como el estadístico BDS, y la expresión gráfica basada en él, el análisis de recurrencia. Para detectar caos se utilizarán criterios como la Dimensión de Correlación (El caos se caracteriza por una dimensión de correlación muy baja); los exponentes de Liapunov (Si el mayor de ellos es positivo, es evidencia de caos); y el grado de desorden del sistema o entropía de Kolmogorov, cuyo análisis gráfico es el mapa de la Dimensión Renyi (Aquí, la detección del caos implica que la dimensión de correlación de la serie y del residuo de una formulación AR(p) de la misma deben ser idénticos. El teorema se presenta en la siguiente sección)

Sección 2: Análisis Empírico-Analítico.

2.1 La hipótesis de los Martingales. Los modelos estándar para fijar precios de los activos se encuentran basados en la aceptación del "Modelo de Martingales". De acuerdo a éste, el precio de un activo sigue un proceso estocástico de la forma:

$$[2] \quad E_t(R_{t+1}|\Omega_t) = R_t$$

Es decir, que dado el conjunto de información Ω_t , el mejor predictor del precio de mañana será el precio del día de hoy². De esta manera, la ecuación 2 puede ser reescrita en términos estocásticos como:

$$[3] \quad R_{t+1} = R_t + \epsilon_t$$

Es decir, dado un término de error ϵ_t bien comportado, se trata en esencia de un modelo de Camino Aleatorio³.

2.2 Estacionalidad y normalidad de la serie. Como la implicancia para probar la hipótesis es la existencia de una raíz unitaria, recurrimos a una prueba de Dickey y Fuller aumentado:

Cuadro 1: Prueba de Dickey-Fuller sobre la serie de los Rendimientos.

ADF Estadístico	-45.87439	1%	Valor Crítico*	-3.9669
		5%	Valor Crítico	-3.4141
		10%	Valor Crítico	-3.1288
* Valores Críticos de MacKinnon para rechazar la hipótesis nula de la existencia de una raíz unitaria.				
Ho: p=1 → Raíz Unitaria, Serie No Estacionaria				
Resultado: Se rechaza Ho para los 3 niveles de significancia sugeridos				

² En términos de teoría de juegos, la hipótesis de los Martingales también implican que el diferencial $(R_{t+1} - R_t)$ es un juego justo, de forma que $E_t[(R_{t+1} - R_t) | \Omega_t] = 0$. Así, la información disponible afecta directamente a los precios y por lo tanto no hay oportunidades de ganancias extraordinarias. Esto ha llegado a conocerse, también, como la **hipótesis de los mercados eficientes.**

³ Aun cuando, estrictamente, un modelo "Random Walk" es más restrictivo, como se enfatiza en (Barnett y Serletis, 1998)

Por lo que no existiría una raíz unitaria, por lo tanto la serie sería estacionaria⁴.

De acuerdo a esta versión, los mercados no son eficientes. En concordancia con este resultado, la serie es evidentemente no normalmente distribuida⁵.

2.3 No Linealidad. Gráfico de Recurrencia y Prueba de BDS.

La metodología básica para detectar si una serie temporal presenta o no una dinámica no lineal se ha basado principalmente en el Estadístico BDS⁶, basado en el cálculo de la integral de correlación para contrastar su independencia estadística. La metodología de construcción del estadístico BDS es compleja de describir aquí y para su cálculo final se utilizó un programa⁷ escrito por uno de los matemáticos que más han aportado al cómputo informático de la prueba de Brock (Mayer-Foulkes, 1998)

La serie sobre la que se calculó es estadístico BDS no es la original, pues el estadístico es altamente sensible a la dependencia lineal de la misma. Así, siguiendo la metodología propuesta por Fernández (2000), se utilizó para calcular BDS la serie de los residuos obtenidos de una especificación AR(1) La Matriz de resultados para distintos vectores regresivos se presenta en el Anexo 3. Esta información sirve de base para graficar la Recurrencia de la serie. Dado que están basados en la misma información, no es sorprendente que entreguen el mismo resultado. La evidencia se muestra no concluyente, así que estadísticamente no podemos asegurar que la serie provenga de un sistema dinámico no lineal⁸.

2.4 Indicadores del Caos⁹. Dimensión de Correlación, Liapunov, entropía de Kolmogorov (Dimensión Renyi)

Caos: Una definición intuitiva. El caos es definido como un comportamiento de largo plazo efectivamente impredecible que surge en un sistema dinámico como consecuencia de su sensibilidad a las condiciones iniciales. Como la medición de las condiciones iniciales es no exacta, la predicción generada en los movimientos subsiguientes a ella crece radicalmente errónea después de un corto período de tiempo¹⁰.

Dimensión de Correlación. Un indicador claro de que un sistema es caótico es que presente una dimensión de correlación pequeña. En nuestro caso, es tan pequeño que el computador lo sugiere como igual a 0¹¹.

⁴ Soporte Estadístico adicional a este importante resultado se presenta en el Anexo 2, en donde se presenta una prueba alternativa para detectar raíz unitaria, con resultados concordantes.

⁵ Véase Anexos con resultados del estadístico Jarque-Bera.

⁶ Por el trabajo seminal de W. Brock, W. Dechert y J. Scheinkman en 1987.

⁷ Ustat para Windows se puede obtener gratuitamente del Centro de Investigación y Docencia Económica de México, CIDE, en www.cide.mx

⁸ Desde luego, pudo haberse especificado cualquiera otra forma de dependencia lineal diferente a AR(1) Los resultados de esta regresión se presentan en el Anexo 2, la matriz de información para BDS en el Anexo 3.

⁹ Desafortunadamente, el espacio aquí es demasiado pequeño como para abundar más acerca de esto. Así que en las pruebas que siguen para tratar de detectar actividad caótica se presentará tan sólo una brevísima introducción al tema, el criterio para decidir seguido del resultado empírico y la conclusión. Al final presentaremos una tabla resumen con los resultados finales. Una mayor información gráfica se brinda en los anexos. Sin embargo, mayor información puede acerca de estos indicadores se puede hallar en (Fernández, 2000)

¹⁰ Por ejemplo, si aumentáramos la precisión en la medición de las condiciones iniciales en un factor de 10, solo estaríamos en capacidad de predecir 2 períodos de tiempo futuro. Cabe decir que si la precisión en la medición de las condiciones iniciales fuese completa, el sistema dejaría de ser caótico y se transformaría en perfectamente predecible. Esto deja lugar, como veremos en la sección de control, a poder realizar predicciones de muy corto plazo, aunque "controlar el caos" sea realmente contra intuitivo, se trata de una herramienta matemática de frontera.

¹¹ En las pruebas sucesivas, excepto en donde se especifique, nos encontramos utilizando el programa NonLinear Dynamics Toolbox 0.9.1 de la escuela de Física, del Tecnológico de Georgia, EE.UU.

Exponentes de Liapunov. El indicador de caos más importante en un sistema no lineal son sus exponentes de Liapunov. Éstos mide la velocidad a que un sistema converge o diverge. Se calculan de observación en observación, así que una muestra de tamaño n tendrá $(n-1)$ exponentes. El más importante es el mayor de ellos. Si el mayor de todos es negativo, el sistema convergerá en el tiempo. Sin embargo, si éste es positivo, la distancia del error crecerá exponencialmente en el tiempo, y el sistema exhibirá la dependencia sensitiva a las condiciones iniciales que son indicativas del caos.

En nuestro caso, la conclusión es inambigua. La convergencia al exponente más alto es claramente positiva, tendiente en el límite a alrededor de 6,25. El espectro de Liapunov, por su parte, muestra los valores de Liapunov tendenciales y promedio. A continuación presentamos los resultados de la serie original y del residuo de AR(1) de la serie, que servirán más adelante. Como puede verse, todos son muy alejados del cero.

Cuadro 2: Exponentes de Liapunov para la serie de Rendimientos y su residuo AR(1)

Serie / Tipo de Exponente*	Liapunov Dominante	Espectro de Liapunov
X_t	6,25	4,05
ε_t	6,20	4,10

* Valores en el Límite

Entropía de Kolmogorov. La entropía en un sistema dinámico puede pensarse como el "desorden" al que el sistema tiende con el tiempo. Como la mayor parte de los sistemas en economía son "Hamiltonianos en el sentido clásico"¹², una mayor entropía no significa necesariamente caos, es decir, caos es diferente a desorden en el sentido entrópico, pues el sistema no disipa la dinámica (energía) con el tiempo. En este sentido atractor, de existir, no tiende a desaparecer sino a perpetuarse, siendo el sistema caótico. En términos de una regla de decisión, puede concluirse que un sistema es: Periódico si su entropía está cerca del 0%; Caótico si se encuentra entre 0 y 100% y Aleatorio si ronda al 100%. En nuestro caso, hallamos un valor de 92%, lo que caracterizaría al sistema como caótico.

Dimensión Renyi. Como se ha demostrado (Brock, 1986), si la serie es caótica, los resultados de la integral de correlación y del exponente de Liapunov dominantes deben ser los mismos para la serie original y para la serie de residuos obtenidos al considerarla un AR(p)¹³ Los resultados se resumen en dos gráficos, prácticamente idénticos, que se presentan en el Anexo 4. En cuanto al exponente dominante de Liapunov, como se aprecia en el cuadro 2, la serie original muestra un valor asintótico de 6,25 mientras que en la serie de residuos el valor de cercano al 6,2, prácticamente similares y, sobre todo, positivos. Esta es una señal clara de actividad caótica.

2.5 Atractores y Control del Caos.

Atractores: Otra definición intuitiva. Un atractor es un estado al cual el sistema tiende a establecerse. Por ejemplo, en el sistema de una pelota y un tazón el atractor será el centro del tazón, siempre que la velocidad inicial no haga que la bola se salga del mismo. Así, ejemplos de atractores son los puntos fijos y las órbitas periódicas. Un atractor especial es el atractor extraño, que también es fractal¹⁴.

Control del Caos: Definición contra intuitiva. Si el sistema es caótico es impredecible en el largo plazo. Sin embargo, en el corto plazo, la idea de un sistema caótico predecible es

¹² Un sistema es Hamiltoniano o no disipativo cuando el nivel de energía en su interior se conserva en el tiempo.

¹³ El Teorema completo de Brock es: Sea x_t una serie temporal con datos deterministas y caóticos. Entonces, si se adapta la serie a un modelo AR(p) y se obtiene la serie de residuos ε_t , entonces en general la dimensión de correlación y el mayor de los exponentes de Liapunov de x_t y ε_t son iguales.

¹⁴ Un fractal es un conjunto que no parece euclidiano, no importando el tamaño del vecindario en el que se le analice.

perfectamente posible, si bien implica un enorme esfuerzo en la determinación de las condiciones iniciales (Shinbrot, 1993) En este sentido, control del caos se refiere a utilizar recursos para estabilizar fluctuaciones. Esto nos suena muy familiar.

Sección 3: Conclusiones.

3.1 Resultados de la evidencia.

Cuadro 3: Resumen de los resultados obtenidos.

PRUEBA/ESTADÍSTICO	VALOR	CONCLUSIÓN
Normalidad en la Serie	Jarque-Bera = 2680	No Distribuida Normalmente
Estacionalidad	Dickey y Fuller = -45.87	Serie Estacionaria
No Linealidad: Gráfico de Recurrencia	Análisis Gráfico	Sin patrón claro, Aleatoria y no caótica, No Concluyente
No Linealidad: Prueba BDS	Matriz de Información	Aleatoria y no caótica, No Concluyente
Dimensión de Correlación	DC=0	Serie Caótica
Mayor Exponente de Liapunov	Positivo (converge a 6,25)	Serie Caótica
Entropía a la Kolmogorov: Dimensión Renyi	Valores estadísticamente idénticos Gráficos Idénticos	Serie Caótica
Entropía a la Kolmogorov: Entropía Espacio-Temporal	92%	Caótico, no concluyente.

Como puede observarse, y en concordancia con otros trabajos empíricos (Principalmente Chen, 1997 y Scheinkman y LeBaron, 1989), nuestro trabajo halla evidencia persistente de actividad caótica en la serie de rendimientos de la BMV que aquí analizamos. Paralelamente, dado que ésta se ha identificado prioritariamente con sistemas dinámicos no lineales, es atípico que la evidencia aquí encontrada en torno a la no linealidad de la serie sea no concluyente. Esto es precisamente lo opuesto a lo hallado en un trabajo previo para la misma serie de rendimientos de la BMV (Mayer-Foulkes y Feliz, 1996) en donde se encontró evidencia concluyente de no linealidad y no concluyente de actividad caótica. Creemos que las diferencias en los resultados son debido a que nuestra muestra contiene un número de datos casi el doble que el trabajo previo, de forma que nuestra muestra ha incluido las fluctuaciones producto de la crisis de cambiaria que se inició a finales de 1994. Adicionalmente, los mecanismos de cómputo de los algoritmos matemáticos se han sofisticado durante los últimos cinco años.

3.2 Implicancias.

En un sentido pragmático, el trabajo antes citado de Mayer-Foulkes y Feliz (1996) es excelente, entre otras cosas, por sus conclusiones: ellos han encontrado que una modelación de la serie usando la metodología ARCH brinda resultados satisfactorios. Las dificultades de la modelación del caos son formidables a recién 20 años del descubrimiento de esta herramienta matemática. Las aplicaciones a la ciencia económica son, por un lado, muy prometedoras pero a la vez inquietantes (Chen, 1993) Habría que recordar que son dos, a juicio de Robert Lucas¹⁵, los motores principales del avance en la teoría económica: en primer lugar, un cambio dramático del ambiente económico; en segundo, la generación de nuevas tecnologías susceptibles de aplicación en la economía. Creo que el problema aquí analizado es un ejemplo perfecto del segundo motor. La práctica de incorporar nuevas tecnologías de frontera al análisis económico, aun cuando no nos brinde respuestas pragmáticas en el corto plazo, no es un más una moda o una indulgencia excesiva hacia la teoría. Es, ni más ni menos, la fuerza motriz que hace avanzar a la ciencia económica.

¹⁵ Lucas, Robert. En su *Methods and Problems in Business Cycle Theory*.

Sección 4: Referencias y Bibliografía.

5a -- Documentos de Trabajo

1. Barnett W. Y A. Serlettis (1998), "Martingales, Nonlinearity and Chaos", Working Paper, Departamento de Economía, Universidad de Washington.
2. Brock, W. A. (1986), "Distinguishing Random and Deterministic Systems: Abridged Version", *Journal of Economic Theory* 40.
3. Brock, W. A.; Dechert, W. D.; Sheinkman, J.A. y LeBaron, B. (1996), "A Test for Independence Based on the Correlation Dimension", *Econometric Reviews* 15(3)
4. De Coster, G.P. y D.W. Mitchel (1991), "Nonlinear Monetary Dynamics", *Journal of Business and Economics Statistics* # 9.
5. Chen, P. (1988), "Empirical And Theoretical Evidence of Monetary Chaos", *System Dynamics Review* # 4.
6. Chen, P. (1993), "Searching for Economic Chaos: A Challenge to Econometric Practice and Nonlinear Tests", en *Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics*, Oxford. Oxford University Press.
7. Chen, P. (1996), "Trends, Shocks, Persistent Cycles in Evolving Economy: Business Cycle Measurement in Time-Frecuency Representaion", en *Nonlinear Dynamics and Economics*, Chapter 13. Cambridge. Cambridge University Press.
8. Chen, P. (1997), "A Random Walk or Color Chaos on the Stock Market? Time Frequency Analysis of S&P Indexes", *Working Paper*, The University of Texas, Austin.
9. Grassberger, Peter y Itamar Procaccia (1983), "Measuring the strangeness of strange attractors", *Physica* 9D
10. LeBaron, Blake (1997) "A Fast Algorithm for the BDS Statistic", *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, July, 1997, 2(2)
11. Frank, M. y T. Stengos (1989), "Measuring the Strangeness of Gold and Silver rates of return", *Review of Economic Studies* # 56.
12. Mayer-Foulkes, D. (2000), "A generalized fast algorithm for BDS-type Statistics", forthcoming in *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, Volume 4, Number 1, April.
13. Mayer-Foulkes, D. (1998), "Homogenized Integral U-Statistics for Test of Non-Linearity", Documento de Trabajo del CIDE, México, D.F. División de Economía, No. 118.
14. Mayer-Foulkes, D., y Raúl Anibal Feliz (1996), "Nonlinear dynamics in the stock exchange", *Revista de Análisis Económico* Vol. 11, No 1.
15. Mizrach, B. (1991). "A simple Nonparametric test for independence." Working paper, Department of Finance, the Wharton School.
16. Mizrach, B. (1992). "Multivariate nearest-neighbors Forecasts of EMS Exchange Rates." *Journal of Applied Econometrics* 7; Supplement, S151-63.
17. Serletis, A. y P. Gogas (1997), "Chaos in East European Black-Market Exchange Rates", *Research in Economics* 51.
18. Scheinkman and LeBaron (1989), es un trabajo en el que se haya evidencia de caos, no publicado pero que aparece citado en varios documentos de trabajo como en el de Barnet y Serlettis (1998) y en Abhyankar A., Copeland, S. Y Wong, W. (1995), "Nonlinear Dynamics in Real Time Equity Market Indices: Evidency From the UK", *Economic Journal* # 105.
19. Shinbrot, T. (1993a) "Chaos: Unpredictable yet Controllable?", *Nonlinear Science Today* # 3.

5b -- Libros.

1. Fernández Días, Andrés. (2000) *Dinámica Caótica en Economía (Teoría y Aplicaciones)* 2ª Edición. Mc Graw Hill. Madrid.
2. Brealey, Richard y Myers, Stewart (1998). *Fundamentos de Financiación Empresarial*. 5ª Edición. Mc Graw Hill. Madrid.
3. Greene, William.(1999) *Análisis Econométrico*. 3a Edición. Prentice Hall. Madrid.

5c -- Software.

1. Eviews 3.0 para Windows. 1998. Cuantitative Micro Software.
2. U-Stat 1.0 para Windows. 2000. David Mayer-Foulkes, CIDE, México, D.F.
3. Visual Recurrence Análisis 4.2 para Windows. 1999. Eugene Kononov.
4. Dynamics Solver 1.21 para Windows. 2000. Juan M. Aguirregabiria. Departamento de Física Teórica, Universidad del País Vasco.
5. Non Linear Dymanics Toolbox 0.9.1 para Windows. 1999. Josh Reiss. Georgia University. The Applied Chaos Lab.
6. MatLab 5.3 para Windows. 1999. The MathWorks.

5d -- Hipervínculos¹⁶.

5di -- Bibliografía

<http://www.uni-mainz.de/FB/Physik/Chaos/chaosbib.html>
<ftp://ftp.uni-mainz.de/pub/chaos/chaosbib/> Mainz
<http://www-chaos.umd.edu/publications/references.html> -- Maryland
<http://www.cpm.mmu.ac.uk/~bruce/combib/>
<http://cnls.lanl.gov/People/nbt/nldreview.pdf>

5dii -- Archivos

<http://www.math.sunysb.edu/dynamics/preprints/>
<http://cnls.lanl.gov/People/nbt/intro.html> <http://xxx.lanl.gov/>
http://www.ma.utexas.edu/mp_arc/mp_arc-home.html
<http://www.ams.org/global-preprints/>

5diii -- Grupos de Noticias

<gopher://gopher.siam.org:70/11/siag/ds>
<http://www.amsta.leeds.ac.uk/Applied/news.dir/>

5div -- Journals Electrónicos

<http://www.springer-ny.com/nst/> Nonlinear Science Today -- Muy bueno
<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/>
<http://www.csu.edu.au/ci/ci.html>

5dv -- Textos Electrónicos

<http://www.nbi.dk/~predrag/QCcourse/>
<http://hypertextbook.com/chaos/>

5dvi -- Sitios de No-Linealidad

http://directory.netscape.com/Science/Math/Chaos_and_Fractals/Chaos
<http://cnls.lanl.gov/People/nbt/sites.html>
<http://cires.colorado.edu/people/peckham.scott/chaos.html>
<http://www.maths.ex.ac.uk/~hinke/dss/index.html>

5dvii -- Sistemas Dinámicos

<http://www.math.sunysb.edu/dynamics/>

5diii -- Caos

<http://www.industrialstreet.com/chaos/metalink.htm#SCIENCE>
<http://www.cosy.sbg.ac.at/rec/ifs/>
<http://acl2.physics.gatech.edu/tutorial/outline.htm>
<http://www.mathsoft.com/asolve/constant/fgnbaum/fgnbaum.html>

5dix -- Series de tiempo

<http://cnls.lanl.gov/People/nbt/intro.html>
<http://chuchi.df.uba.ar/guille/TS/index.html>
<http://www-personal.buseco.monash.edu.au/~hyndman/TSDL/index.htm>

5dx -- Sistemas Complejos

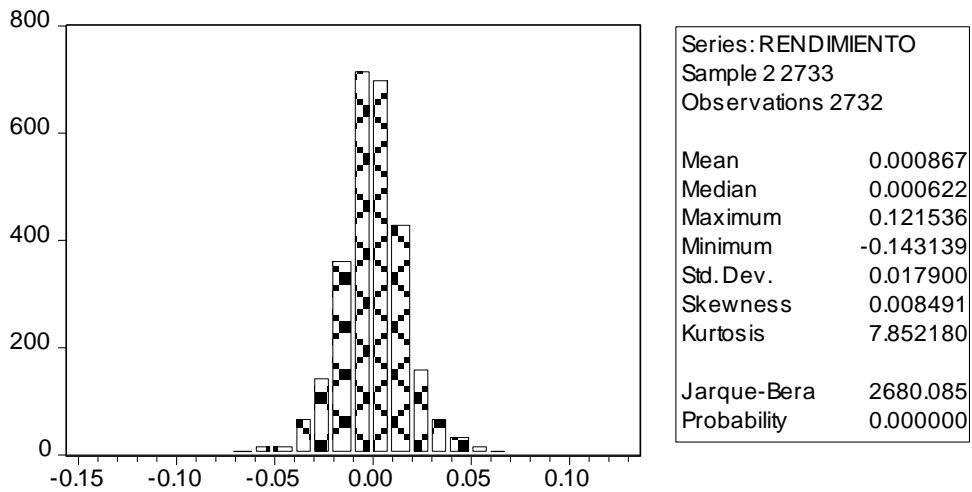
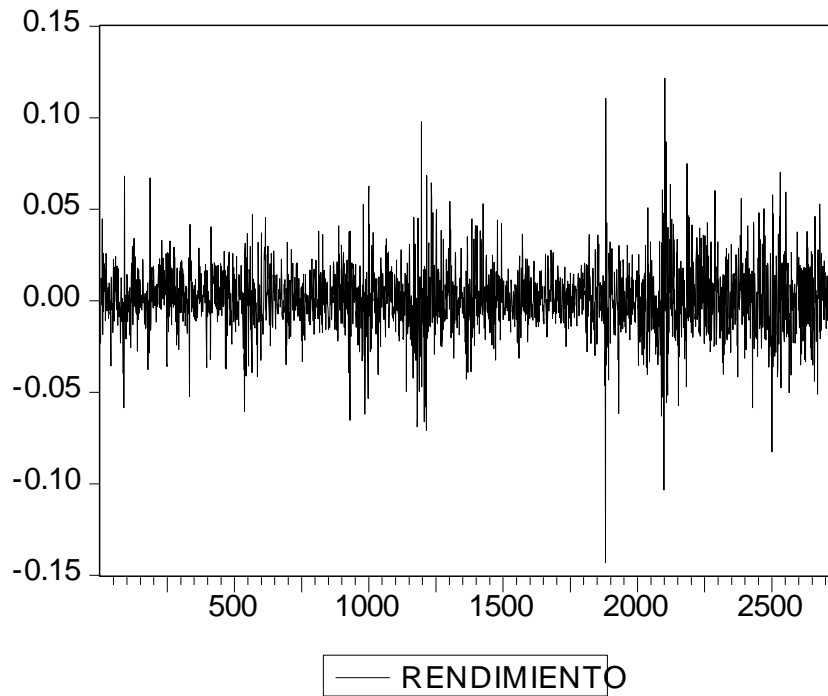
http://life.csu.edu.au/v1_complex/
<http://www.duth.gr/~mboudour/nonlin.html>
<http://www.calresco.org/>
<http://www.physionet.org/>

5dxi -- Fractales

<http://forum.swarthmore.edu/advanced/robertd/index.html#frac>
<http://sprott.physics.wisc.edu/fractals.htm>
<http://www-syntim.inria.fr/fractales/>
<http://force.stwing.upenn.edu/~lau/fractal.html>
http://skal.planet-d.net/quat/f_gal.html
<http://www.cnam.fr/fractals.html> Fractal Gallery Excelente!
<http://climate.gsfc.nasa.gov/~cahalan/FractalClouds/>
<http://www.fractaldomains.com/>

¹⁶ Existen miles de sitios en la Internet con información acerca de sistemas no lineales, y también algunos de supuestos doctorados en matemáticas que creen haber hallado un atractor para la bolsa de valores y te invitan a invertir tu dinero. Así que presento una lista relativamente amplia de sitios "seguros", pertenecientes a universidades o instituciones con credibilidad

Anexos: 1. Gráfico de la serie de Rendimientos Analizada.



Anexos: 2. Resultado de la Regresión de un Modelo AR(1) para eliminar la dependencia lineal.

Variable Dependiente: RENDIMIENTO				
Método: Mínimos Cuadrados Ordinarios				
Fecha: 04/26/01 Hora: 17:19				
Muestra(adjustada): 3 2733				
Observaciones Incluidas: 2731 (Ajustada)				
Variable	Coficiente	Std. Error	t-Estadístico	Prob.
RENDIMIENTO(-1)	0.131928	0.018972	6.953981	0.0000
R Cuadrado	0.015053	Media Var Dependiente		0.000876
R Cuadrado Ajustado	0.015053	Desviación Estándar		0.017897
Error Estándar	0.017762	Estadístico Durbin-Watson		1.990861
Suma cuadrada resid.	0.861294			
Log Verosimilitud	7133.188			