



Munich Personal RePEc Archive

**Empirical evidence on the predictability
of stock market cycles: the behavior of
the Dow Jones Industrial Average in the
stock market crisis of 1929, 1987 and
2007**

Escañuela Romana, Ignacio

1 September 2011

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/33150/>
MPRA Paper No. 33150, posted 04 Sep 2011 09:53 UTC

Empirical evidence on the predictability of stock market cycles: the behavior of the Dow Jones Industrial Average in the stock market crises of 1929, 1987 and 2007.

Evidencia empírica sobre la predictibilidad de los ciclos bursátiles: el comportamiento del índice Dow Jones Industrial Average en las crisis bursátiles de 1929, 1987 y 2007.

Ignacio Escañuela Romana
Junta de Andalucía.
Calle Ramón de Paz 30,
41820 Carrión de los Céspedes, Sevilla.
España.
ignacioesro@gmail.com
Tfnos. 954755807, 629038239.

2011 (septiembre).

RESUMEN.

Partiendo de una hipótesis determinista, este trabajo tiene como objeto comprobar la regularidad de los ciclos bursátiles, así como, si existe esa regularidad, la capacidad de predecir las grandes crisis del mercado de valores. Se aplica el análisis armónico o series de Fourier para, descomponiendo en curvas sinusoides, averiguar las periodicidades constantes ocultas bajo las series de datos observados. Partiendo de los datos del mercado de valores industriales de los EEUU, en tres períodos de similar extensión de 165 meses: 1919:01 a 1932:09, 1977:01 a 1999:09 y 1997:03 a 2010:11, me sitúo en el momento de máximo crecimiento del índice Dow Jones Industrial Average y compruebo si las periodicidades ocultas más relevantes permitían predecir la fuerte caída del índice que se avecinaba y la evolución posterior. La evidencia es no concluyente. Un número reducido de ciclos teóricos explica razonablemente la evolución bursátil. En cuanto a la capacidad predictiva, en dos de los casos existe esta capacidad, mientras que en otro no. La conclusión alcanzada señala que, debido a la regularidad en los datos, la aplicación de la hipótesis determinista es razonable. Sin embargo, es necesario realizar una análisis más profundo de los datos para poder describir y predecir los grandes ciclos bursátiles, incluyendo las crisis o grandes caídas en los precios de los valores.

PALABRAS CLAVE: Mercado de Valores, Periodograma, Predicción de los Ciclos Económicos.

CÓDIGOS JEL: C10, C22, E32, E37.

ABSTRACT.

Based on a deterministic hypothesis, this paper aims to verify the regularity of the stock market cycles and, if this regularity is found, the ability to predict major stock market crises. Harmonic analysis, or Fourier series, is applied in order to, decomposing into sinusoids curves, find the constant periodicities hidden under the series of observed data. Starting from the industrial stock market data in the U.S., considering three periods of similar length of 165 months: 1919:01 to 1932:09, 1977:01 to 1999:09 and 1997:03 to 2010:11, I stand in the moment of maximum growth of the Dow Jones Industrial Average and I check if the most significant hidden periodicities allowed to predict the sharp drop in the index that was coming and the subsequent development. The evidence is inconclusive. A small number of theoretical cycles reasonably explain the stock market evolution. In terms of predictive power, in two cases there is this ability, while not in another. The conclusion reached indicates that, due to the regularity in the data, the application of the a deterministic hypothesis is reasonable. However, it is necessary to perform a deeper analysis of the data to be able to describe and predict major stock market cycles, including crises or large declines in stock market prices.

KEYWORDS: Stock Market , Periodogram, Business Cycles Prediction.

JEL CODES: C10, C22, E32, E37.

1. INTRODUCCIÓN.

Este trabajo parte de dos hipótesis sucesivas.

Primera, el mercado de valores evoluciona de acuerdo a una estructura de hechos que puede ser explicada a partir de una teoría determinista, que permitirá, por lo tanto, predecir. En este sentido entiendo, siguiendo a Nagel, que una teoría es determinista si su estructura interna implica que el estado teórico de un sistema en un instante determina por inferencia un estado único de este sistema en cualquier otro instante.

Ahora bien, no tenemos ahora mismo una teoría completa determinista acerca del comportamiento del mercado de valores. En este trabajo parto de la hipótesis de que debe existir dicha teoría de tal manera que un estado del mercado determina un único conjunto de valores de las variables en el momento siguiente.

Esta hipótesis no es observable: no es posible comprobar empíricamente el carácter determinista del comportamiento de agentes económicos. No obstante, la hipótesis alternativa de aleatoriedad es igualmente inobservable. El único criterio para poder decidir entre las dos hipótesis es su fecundidad.

Segunda, el mercado de valores se comporta de manera cíclica y esto es a consecuencia de su carácter determinista. Los factores causales imprimen un movimiento cíclico sobre los efectos. Por ello, sus movimientos observados pueden descomponerse en ciclos regulares teóricos fijos mediante el análisis armónico. La existencia hipotética de una teoría determinista verdadera implica el comportamiento regular y cíclico.

La hipótesis determinista se desarrollaría en un modelo estructural uni o multi-eecuacional donde factores causales explicasen el comportamiento de las variables independientes. Pero no existe una teoría completa sobre el comportamiento de los mercados bursátiles que permita construir dicho modelo. De ahí el recurso al análisis armónico.

En consecuencia, a partir de los datos de las cotizaciones en el mercado de valores se pueden predecir, entre otros hechos, las crisis bruscas e intensas. La predicción se hace a partir de la descomposición armónica. Es esta segunda hipótesis la que permite contrastación empírica. Esto se realiza para el Dow Jones Industrial Average en relación con las crisis bursátiles iniciadas en 1929, 1987 y 2007. La contrastación que realizo tiene como criterio de decisión el ajuste de una predicción a algo más de tres años (37 meses). En dos casos el ajuste es aceptable, pero en el otro no.

Las predicciones que permite hacer el análisis armónico no son comparables con las correspondientes a un modelo de paseo aleatorio (“random walk”), o, en general, a una cadena de Markov. Si observamos el paseo aleatorio más simple: $X_t - X_{t-1} = \varepsilon_t$, vemos que el valor actual depende del inmediatamente anterior, sin que tenga ningún peso el pasado de la serie y sin que podamos predecir más allá del próximo valor. La diferencia del valor observado y el pasado es aleatoria. Hacer una previsión a partir de los valores pasados de la X_t carece de sentido pues se mueven al azar.

Que el ajuste de un paseo aleatorio sea correcto o incorrecto supone, en mi opinión, una pregunta irrelevante, ya que este modelo no permite predecir y éste es un rasgo vital de cualquier teoría científica. Tal y como afirma Popper (1963): “Confirmations should count only if they are the result of risky predictions” pp. 36. Pero el paseo aleatorio es incapaz tanto de predecir a larga distancia, como de predecir los cambios bruscos en la evolución de la serie (pues siempre prevé que la evolución pasada se seguirá dando en el futuro). En cambio, el análisis armónico sí permite una predicción a larga distancia y ésta puede contener cambios radicales en la evolución. Es esta previsión el objeto del presente trabajo. Si lográsemos detectar movimientos

ondulatorios que predicen los movimientos observados, podría investigarse qué factores producen, oscilando, estas frecuencias ocultas.

2. DATOS.

Se utiliza la serie de cotizaciones “Dow Jones Industrial Stock Average”¹, que es el índice más utilizado para conocer la evolución del mercado bursátil de los Estados Unidos. Se trata de un índice agregado calculado como una media, sin tener en cuenta el peso relativo de cada una de las empresas que lo componen. Este índice recoge los valores mensuales, desde mayo de 1896, de los precios de la cotización de las treinta empresas industriales de los Estados Unidos consideradas más importantes y representativas de los diferentes sectores. El número de treinta se estableció en octubre de 1928, siendo antes inferior. Esta composición ha ido cambiando para reflejar la importancia relativa de las empresas y de los sectores a los que pertenecen. Por ejemplo, en junio de 2008 Cisco Systems reemplazó a General Motors. En consecuencia, se trata de una serie de datos no homogénea, que tiene todos los problemas propios de las series agregadas cuya composición es cambiante. No es extraño que en el análisis armónico surjan periodicidades de diferente frecuencia. Tenemos, así pues, una serie con los problemas propios de la agregación y la heterogeneidad.

Para comparar la capacidad de predecir las crisis bursátiles, se toman períodos de similar extensión de 165 meses:

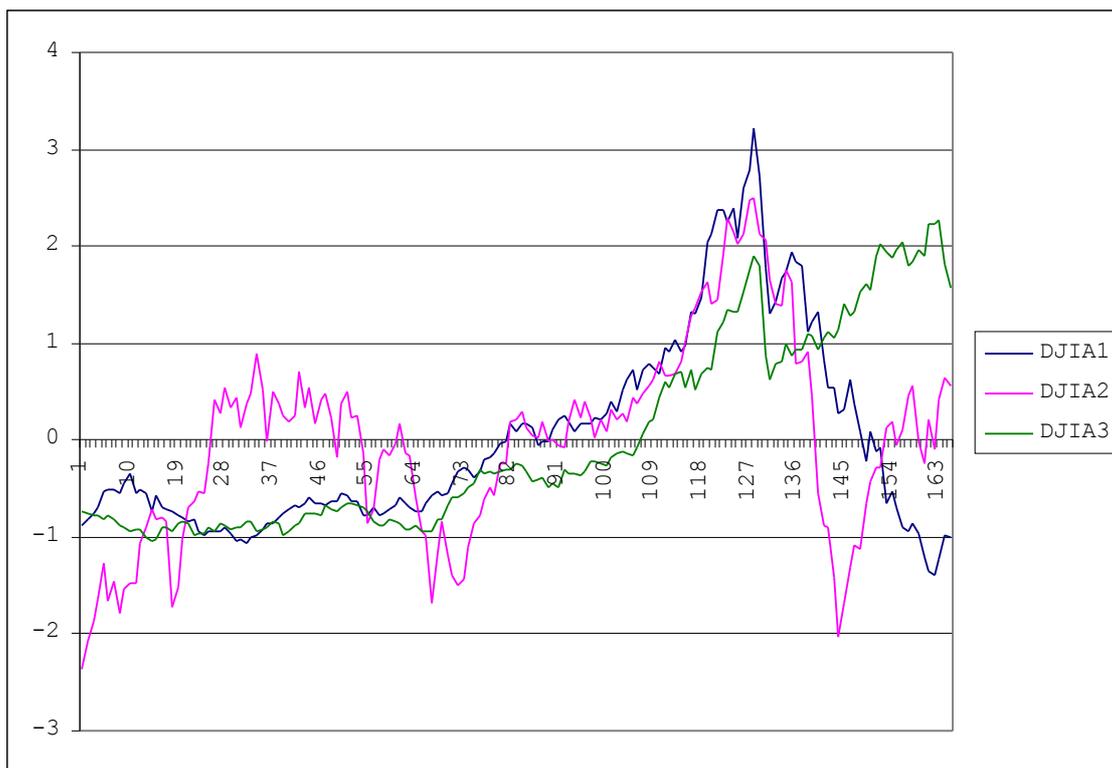
- 1919:01 a 1932:09, serie DJIA1.
- 1997:03 a 2010:11, serie DJIA2.
- 1977:01 a 1990:09, serie DJIA3.

La extensión está condicionada por una parte por la Primera Guerra Mundial, que es un factor exógeno que puede alterar el desarrollo de las cotizaciones bursátiles. Por la otra, por los últimos datos disponibles del año 2010.

A partir de aquí, me sitúo en 1929:08, en 1987:08 y en 2007:10 (128 meses), fechas en que las cotizaciones alcanzan su máximo. En ese instante es cuando compruebo si la aplicación del análisis armónico permitiría prever la subsiguiente crisis bursátil. Previamente, se resta la media aritmética de las series de datos para aplicar el análisis armónico sobre una serie estacionaria en la media. Finalmente estos datos son sometidos a análisis.

La representación gráfica de las series en valores tipificados es la siguiente.

¹Fuente de los datos: Dow Jones, Wren Research.



Se observa una evolución similar entre DJIA1 y DJIA2, siendo las diferencias más relevantes referidas a la serie DJIA2: un ciclo alcista alrededor de 1999:12 y una recuperación al final del período considerado. DJIA3 sigue estrechamente a la serie DJIA1 salvo al final del período, ya que esta serie mantiene una evolución positiva sostenida que impide que la crisis bursátil sea de la importancia de las otras dos series. Las series DJIA1 y DJIA2 contienen una crisis bursátil mucho más profunda que DJIA3. La crisis de 1987 fue pasajera.

3. METODOLOGÍA.

El método aplicado es el análisis armónico. Parto de la hipótesis, ya expuesta, de que existen movimientos regulares (ciclos teóricos o periodicidades ocultas) que componen los cambios observados (ciclos empíricos). Por lo tanto, la serie de los precios de las acciones cotizadas de las principales empresas industriales de los EEUU puede ser descompuesta en funciones sinusoides y un número reducido de estas funciones debería explicar y predecir, con una aproximación correcta, su evolución.

En este trabajo se utiliza la descomposición en series trigonométricas de Fourier, un método que descompone en un número discreto o discontinuo de funciones. Los resultados se presentan en un periodograma, donde cada componente frecuencial hace una contribución a la varianza de la serie. Previamente, el análisis armónico precisa, como he señalado antes, que se detraiga la tendencia de la serie original. La tendencia es un movimiento cuya recurrencia no es observable: no se observa movimiento cíclico, es decir tiene un período igual o mayor a la longitud temporal de la serie. Ahora bien, la tendencia aumenta la contribución a la varianza de la serie de los ciclos de frecuencia menor, enmascarando los ciclos reales.

En este caso, detraigo la media de las series, ya que la serie de datos no presenta un incremento claro y a largo plazo que no pueda ser descompuesto en ciclos. No obstante, persiste la duda de que los aumentos percibidos desde el principio de la serie

sean cíclicos o tendenciales. Éste es el principal problema para realizar predicciones correctas.

No transformo la serie en una de primeras diferencias, restando a cada valor de X_t el valor previo X_{t-1} , pues, como señala Bachiller (1992) este procedimiento reduce la varianza y amplifica los componentes estacional e irregular. Los ciclos con un período largo, frecuencia baja, se pierden con esa transformación y pueden ser, sin embargo, claves para comprender los mercados a medio y largo plazo.

Las series sin tendencia reciben como denominación una C final.

Tomando, en definitiva, los datos (128 meses), se calculan las amplitudes para cada período, y, en consecuencia, la contribución de cada senoide a la varianza de la variable a explicar. Posteriormente, siempre que haya ciclos teóricos relevantes, se comprueba si la suma de los ciclos teóricos más significativos predice correctamente el movimiento posterior de las curvas a partir de septiembre de 1929, agosto de 1987 y octubre de 2007 durante 37 meses (tres años y un mes).

Formalmente, si $f(t)$ es una función periódica, los valores que toma se repiten a intervalos regulares de la variable independiente t [$f(t) = f(t + k \cdot T)$]. En consecuencia, se puede descomponer la función en armónicos, y es posible aproximarla con un número reducido de ellos.

$$f(t) = A_0 + a_1 \cdot \cos(\omega_1 t + \phi_1) + a_2 \cdot \cos(\omega_2 t + \phi_2) + \dots + a_n \cdot \cos(\omega_n t + \phi_n) + b_1 \cdot \sin(\omega_1 t + \psi_1) + \dots + b_m \cdot \sin(\omega_m t + \psi_m) \quad (..2)$$

La función periódica más sencilla es el armónico de amplitud R , frecuencia w y fase F :

$$f(t) = R \cdot \cos(\omega t + F)$$

Mediante la adición de varios armónicos, se obtiene una oscilación compuesta que puede constituir una aproximación satisfactoria de los fenómenos económicos percibidos, tal y como señalan Alcaide et al. (1992). Si Y_t es una serie libre de tendencia y tiene tamaño T , se pueden estimar T coeficientes y $T/2$ armónicos:

$$Y_t = a_0 + \sum_{p=1}^{T/2-1} [a_p \cdot \cos(\omega_p t) + b_p \cdot \sin(\omega_p t)] + a_{T/2} \cdot \cos(\pi t)$$

Donde p es el orden del armónico y $a_{T/2}$ es el coeficiente correspondiente a la frecuencia más elevada que podemos estimar. Por regresión, se pueden estimar los coeficientes a_0 , a_p , b_p ; con las variables explicativas $\cos(p \cdot \omega_0 \cdot t)$ y $\sin(p \cdot \omega_0 \cdot t)$.

El cuadrado de la amplitud para un período es:

$$R^2 = a_p^2 + b_p^2$$

Un valor alto de la amplitud indica que hay un ciclo importante en la serie para la frecuencia estimada.

4. EL ESTADO DE LA CUESTIÓN EN LA LITERATURA CIENTÍFICA.

La principal discusión se centra acerca de si los mercados de valores son predecibles o no. ¿Permite el conocimiento de la evolución pasada de los cambios en los

precios de los valores predecir la evolución futura de las modificaciones en estos precios?.

La hipótesis de mercados eficientes postula que conocer la evolución pasada no ayuda a predecir, de ninguna manera, el futuro de los precios de las acciones. Si toda la información disponible se incorpora rápidamente en la formación de los precios, estos precios reflejan la valoración de los agentes que, por lo tanto, no pueden predecir mejor que los demás la evolución de dichos precios. Cualquier patrón de comportamiento en los crecimientos de los precios sería conocido por los agentes que, así, lo anularían.

Se entiende, así pues, por mercado eficiente aquel en el que toda la información disponible es tenida en cuenta por los agentes que operan en él. Si toda la información disponible es tenida en cuenta, y toda la nueva se va ofreciendo sin capacidad de previsión, sin ningún tipo de autocorrelación ni orden, todo ello implica que la evolución del mercado va a ser, asimismo, aleatoria. Elegir al azar una cartera de acciones produce los mismos resultados que escogerla intentando averiguar un patrón a partir de la evolución pasada.

Numerosos estudios se han centrado en la comprobación empírica de esta hipótesis de mercados eficientes. Como tal, la hipótesis no es comprobable y es preciso inferir algún tipo de modelo sí comprobable en los datos. La hipótesis de mercados eficientes no implica necesariamente el modelo de paseo aleatorio, pero se trata del modelo que más comúnmente se ha inferido. Este modelo establece, en efecto, que los cambios en los precios no dependen de los precios anteriores.

De esta forma, se considera en la literatura científica que la hipótesis de mercados eficientes conduce al modelo de paseo aleatorio o “random walk”. Ya he visto la ecuación fundamental del paseo aleatorio, que iguala la diferencia entre los valores presente y pasado al ruido blanco o proceso estocástico. Este modelo equivale a decir que la mayor parte de las personas apuestan porque los precios en el momento $t+1$ serán iguales a los precios en el momento t .

Los estudios que han intentado comprobar empíricamente la bondad del modelo de paseo aleatorio están divididos. Lo et al (1988), Chen (1996) (“From an empirical análisis, stock market movements are not pure random-walks” p.25) rechazan la corrección del modelo de paseo aleatorio, ya que la serie de precios de los valores cotizados en el mercado es predecible: existe autocorrelación de primer orden en los datos. Granger et al. (1963) señalan que las acciones siguen un paseo aleatorio a corto plazo, pero a largo plazo tienen componentes no estocásticos.

Por el otro lado, Malkiel (2003) apoya la no predictibilidad de los mercados de valores. Fama (1970) repasa diversos estudios que apoyan la predictibilidad de los mercados de valores, en base a la existencia de una autocorrelación significativamente no cero, para concluir que estos ataques a la validez empírica del modelo de mercados eficientes son insuficientes. “Many of the predictable patterns that have been discovered may simply be the result of data mining” p.23. Ya Kendall (1953) encontró que la serie de los crecimientos en los precios de las acciones parece estocástica.

Además, Fama (1970) reconoce que la hipótesis de mercado eficiente, reflejando los precios completamente las informaciones disponibles, no es un enunciado comprobable empíricamente. Sí lo es el modelo de paseo aleatorio. Fama encuentra que la evidencia en favor de la tesis de los mercados eficientes, en términos de que el conocimiento del pasado no contribuye a saber qué sucederá en el futuro, es superior a la evidencia contraria. El paseo aleatorio se basa en la independencia del valor $t+1$ respecto al dato en t y anteriores. Fama (1965) afirma que la independencia observable no será nunca completa o perfecta, pero que la comprobación empírica se fundamenta sobre una dependencia observada muy pequeña, que no rebase un límite fijado a priori.

El límite responde a que ningún inversor pueda usar el conocimiento del pasado para establecer un plan mejorado de inversiones, en comparación con un inversor que invirtiese al azar. Su conclusión: “None of the tests in this section give evidence of any important dependence in the first differences of the logs of stock prices” p.87.

El problema radica en que, tal y como señala Houthakker (1961): el carácter estocástico de una serie puede ser definido sólo negativamente, como ausencia de un patrón sistemático de evolución, y no puede ser contrastado positivamente p.164. La aleatoriedad como tal no puede ser probada, sólo puede ser rechazada.

Al planteamiento que parte de la hipótesis de mercados eficientes y desemboca en un modelo de paseo aleatorio cabe oponerle una hipótesis que plantee la existencia de movimientos deterministas y cíclicos en la economía y, por lo tanto, a través de los beneficios empresariales o de otros factores, en los mercados de valores. Esta evolución es predecible. Álvarez et al. (2005) señalan que existe una alternativa basada en la periodicidad o existencia de regularidades determinísticas. Selvam (2006) señala la existencia de ciclos persistentes en la evolución de los mercados de valores, con un período relevante, a partir del análisis espectral, de en torno a los tres-cuatro años. Bachiller (1992), Granger (1963), Brooks (2006) son algunos ejemplos de autores que encuentran movimientos cíclicos o a largo plazo persistentes y relevantes.

Granger (1966) consideró que el uso del análisis espectral no puede dar resultados interesantes en economía. A este respecto, la diferencia entre análisis armónico y el espectral es secundaria: el primero utiliza una serie de números discretos, no continuos, mientras que el segundo utiliza una serie continua de números para estimar la contribución a la varianza global de cada frecuencia o segmento de frecuencias. Granger se basaba en que, una vez se quita la tendencia a la gran mayoría de series económicas, obtenemos el mismo espectro: la amplitud de los componentes decrece conforme se reduce el período. Es decir, los componentes de frecuencias más pequeñas y períodos temporales más largos tienen mayor importancia en la contribución a la varianza de la serie, y esta relevancia es mayor cuanto más largo sea el período. Amplitud de los componentes y período se reducen al mismo tiempo. A esta crítica añade la hipótesis de que la tendencia no se puede quitar porque está entremezclada con el ciclo: son generados por los mismos factores.

Estas observaciones son discutibles. Que la mayor parte de series económicas sean analizadas en ese tipo de espectros queda pendiente de prueba, así como el hecho de que esto haga inútil el análisis armónico. Que los movimientos a largo plazo fuesen uniformemente más importantes, ¿implicaría necesariamente que el análisis sería falso y estos movimientos una ilusión?. Por otra parte, se puede afirmar que los movimientos cíclicos y tendencial se diferencian, respondiendo a distintos factores causales. La tendencia es una perturbación permanente frente al ciclo que es un movimiento transitorio.

5. RESULTADOS.

A continuación se recogen los periodogramas de las series consideradas, hasta los valores de las variables cosenos y senos para los que se alcanza una contribución acumulada a la varianza del 99%.

SERIE DJIA1C				amplitudes			
COSENOS	COEFICIENTE	SENOS	COEFICIENTE	Rp	Contrib. varianza	%	% acumulado
x11	45.4272	x21	-54.5234	70.9678212	0.534559	53.4559	53.455903

x12	20.7288	x22	-28.9599	35.6140275	0.134622	13.46216	66.918068
x13	18.3246	x23	-21.355	28.1394206	0.084043	8.404329	75.322396
x14	1.25901	x24	-18.5941	18.6366752	0.036865	3.686461	79.008857
x15	4.44389	x25	-17.3722	17.931578	0.034128	3.412791	82.421648
x16	4.29163	x26	-15.9296	16.497583	0.028888	2.888773	85.310421
x17	0.486097	x27	-14.0216	14.0300234	0.020892	2.089246	87.399667
x18	-0.0666589	x28	-11.8409	11.8410876	0.014882	1.488182	88.887848
x19	0.154805	x29	-10.1692	10.1703782	0.010979	1.09786	89.985708
x110	0.573039	x210	-7.24714	7.2697601	0.005609	0.560935	90.546644
x111	2.46488	x211	-4.96649	5.54451588	0.003263	0.326287	90.872931
x112	2.03854	x212	-7.98956	8.24552693	0.007216	0.721622	91.594552
x113	2.69679	x213	-3.84857	4.69937946	0.002344	0.234398	91.82895
x114	4.24145	x214	-4.38827	6.10301661	0.003953	0.395332	92.224282
x115	4.65825	x215	-4.53417	6.50061464	0.004485	0.44852	92.672802
x116	2.99057	x216	-4.01491	5.00629716	0.00266	0.266015	92.938817
x117	4.78459	x217	-5.20498	7.06994471	0.005305	0.530524	93.469341
x118	4.27683	x218	-5.54628	7.00374876	0.005206	0.520636	93.989976
x119	2.98634	x219	-5.16621	5.96723993	0.003779	0.377937	94.367913
x120	2.5812	x220	-3.77317	4.57158674	0.002218	0.221823	94.589736
x121	3.94301	x221	-4.61087	6.06691437	0.003907	0.390669	94.980405
x122	2.26015	x222	-5.33831	5.79705371	0.003567	0.356687	95.337092
x123	3.89719	x223	-3.54959	5.271402	0.002949	0.294934	95.632026
x124	2.74601	x224	-3.70677	4.61310251	0.002259	0.22587	95.857896
x125	3.6631	x225	-3.32511	4.94718689	0.002598	0.25977	96.117667
x126	2.43694	x226	-3.35577	4.14727246	0.001826	0.182557	96.300223
x127	2.89536	x227	-2.4969	3.82329951	0.001551	0.155149	96.455372
x128	2.70561	x228	-3.25237	4.2306307	0.0019	0.189969	96.645342
x129	2.00422	x229	-2.40523	3.13081925	0.00104	0.104037	96.749379
x130	2.70449	x230	-1.36223	3.02819034	0.000973	0.097328	96.846707
x131	2.81152	x231	-2.10813	3.51409402	0.001311	0.131069	96.977776
x132	3.6766	x232	-2.08747	4.227874	0.001897	0.189722	97.167497
x133	2.919	x233	-3.13431	4.28304333	0.001947	0.194705	97.362203
x134	1.96951	x234	-3.47268	3.9923021	0.001692	0.169169	97.531371
x135	1.7264	x235	-2.44077	2.98961789	0.000949	0.094865	97.626236
x136	1.95191	x236	-2.11473	2.87785261	0.000879	0.087904	97.71414
x137	1.74854	x237	-1.72496	2.456192	0.00064	0.064032	97.778172
x138	2.31202	x238	-1.89609	2.99008257	0.000949	0.094894	97.873066
x139	2.4793	x239	-2.16103	3.28891763	0.001148	0.11481	97.987876
x140	2.24311	x240	-2.2799	3.19835684	0.001086	0.108574	98.09645
x141	2.69035	x241	-1.03226	2.88158703	0.000881	0.088133	98.184583
x142	2.93913	x242	-0.315611	2.95602697	0.000927	0.092745	98.277327
x143	3.03342	x243	-1.38307	3.33384456	0.00118	0.117968	98.395295
x144	2.52246	x244	-1.09998	2.7518649	0.000804	0.080376	98.475671
x145	2.131	x245	-1.87915	2.8411909	0.000857	0.085679	98.56135
x146	1.83212	x246	-1.61991	2.44556172	0.000635	0.063479	98.624829
x147	1.38897	x247	-1.11731	1.78258781	0.000337	0.033727	98.658556
x148	1.56357	x248	-1.61274	2.24625944	0.000536	0.053554	98.71211
x149	1.02572	x249	-0.816994	1.31132784	0.000183	0.018251	98.730361
x150	2.62772	x250	-0.373035	2.65406622	0.000748	0.074765	98.805126
x151	2.98582	x251	0.292836	3.00014566	0.000955	0.095534	98.90066
x152	2.79809	x252	0.0159086	2.79813522	0.000831	0.083102	98.983762

x153	2.90653	x253	0.321122	2.92421545	0.000908	0.090759	99.074521
SERIE DJIA2C				amplitudes			
COSENO S	COEFICIENT E	SENOS	COEFICIENTE	Rp	Contrib. varianza	%	% acumulado
x11	388.586	x21	-361.503	530.738635	0.06434	6.433966	6.4339661
x12	-384.728	x22	-1192.45	1252.97751	0.358595	35.85947	42.29344
x13	453.261	x23	-627.792	774.317977	0.136948	13.69481	55.988251
x14	144.732	x24	-748.141	762.012013	0.13263	13.26298	69.251228
x15	39.1893	x25	-191.311	195.28364	0.008711	0.871062	70.12229
x16	65.5724	x26	-428.189	433.180747	0.04286	4.286034	74.408324
x17	-155.805	x27	-318.564	354.624055	0.028725	2.872458	77.280782
x18	185.164	x28	-397.838	438.81748	0.043983	4.398304	81.679086
x19	59.2859	x29	-232.234	239.681974	0.013122	1.312164	82.99125
x110	89.2932	x210	-214.021	231.90141	0.012284	1.228356	84.219606
x111	50.122	x211	-11.6241	51.4522554	0.000605	0.060468	84.280074
x112	33.9289	x212	-204.109	206.909773	0.009779	0.977866	85.25794
x113	-21.6006	x213	-106.516	108.684149	0.002698	0.269805	85.527745
x114	-58.7508	x214	-258.64	265.228781	0.016068	1.606788	87.134533
x115	113.56	x215	-155.895	192.870746	0.008497	0.84967	87.984203
x116	-66.1773	x216	-214.136	224.128672	0.011474	1.147393	89.131596
x117	69.3228	x217	-177.447	190.50745	0.00829	0.828975	89.96057
x118	43.6038	x218	-132.149	139.156924	0.004423	0.44231	90.402881
x119	80.8454	x219	-28.9903	85.8860652	0.001685	0.168486	90.571366
x120	100.849	x220	-60.5958	117.653609	0.003162	0.316175	90.887541
x121	-72.0658	x221	-87.2163	113.137803	0.002924	0.29237	91.179911
x122	125.606	x222	-134.504	184.033131	0.007736	0.773587	91.953499
x123	81.5302	x223	-99.9398	128.977274	0.0038	0.379965	92.333464
x124	153.234	x224	-123.828	197.012772	0.008866	0.886556	93.22002
x125	66.726	x225	-23.2411	70.6576804	0.00114	0.114034	93.334054
x126	75.6397	x226	-87.6282	115.758653	0.003061	0.306072	93.640127
x127	91.3577	x227	-82.967	123.408883	0.003479	0.347865	93.987991
x128	49.15	x228	-44.3599	66.208181	0.001001	0.100125	94.088116
x129	76.0567	x229	-166.245	182.816907	0.007634	0.763396	94.851512
x130	119.273	x230	-98.0332	154.390922	0.005445	0.544454	95.395966
x131	100.854	x231	-55.4021	115.069205	0.003024	0.302437	95.698403
x132	3.55543	x232	-28.6593	28.8789986	0.00019	0.019049	95.717453
x133	72.9116	x233	-106.783	129.300853	0.003819	0.381874	96.099327
x134	36.2998	x234	-18.6276	40.8002814	0.00038	0.038023	96.13735
x135	26.6411	x235	-87.1561	91.1368969	0.001897	0.189717	96.327066
x136	21.0277	x236	-40.7248	45.8331049	0.00048	0.047982	96.375048
x137	36.746	x237	-97.9223	104.589891	0.002499	0.24986	96.624908
x138	95.3177	x238	-50.0643	107.665677	0.002648	0.264772	96.88968
x139	41.7674	x239	-5.08895	42.0762773	0.000404	0.040438	96.930118
x140	52.7948	x240	-51.3536	73.6510906	0.001239	0.123901	97.05402
x141	93.0291	x241	14.1514	94.0992857	0.002023	0.202251	97.25627
x142	-10.7698	x242	-52.2142	53.3133311	0.000649	0.064922	97.321192
x143	67.8343	x243	-35.1171	76.3852274	0.001333	0.133271	97.454463
x144	51.5331	x244	-57.264	77.0378225	0.001356	0.135558	97.590021
x145	105.889	x245	-39.4222	112.989337	0.002916	0.291603	97.881624
x146	37.9463	x246	-46.2675	59.838142	0.000818	0.081785	97.963409
x147	14.2246	x247	8.88863	16.7734012	6.43E-05	0.006426	97.969835
x148	70.3415	x248	-66.9933	97.1392241	0.002155	0.215529	98.185365

x149	56.3789	x249	-15.1957	58.3908354	0.000779	0.077877	98.263241
x150	36.8087	x250	-53.2891	64.7657979	0.000958	0.09581	98.359051
x151	64.7159	x251	-35.1831	73.6613755	0.001239	0.123936	98.482987
x152	92.5264	x252	-49.4362	104.905065	0.002514	0.251368	98.734355
x153	71.9678	x253	3.94676	72.0759402	0.001187	0.118658	98.853013
x154	59.5543	x254	-59.2077	83.9777732	0.001611	0.161082	99.014095
SERIE DJIA3C				amplitudes			
COSENO	COEFICIENTE	SENO	COEFICIENTE	Rp	Contrib. varianza	%	% acumulado
x11	271.817	x21	-319.222	419.269802	0.473584	47.35842	47.358416
x12	128.217	x22	-209.22	245.382574	0.162217	16.22174	63.580157
x13	118.71	x23	-186.883	221.398554	0.132056	13.20564	76.7858
x14	-5.97177	x24	-130.727	130.863328	0.046137	4.613664	81.399464
x15	74.2026	x25	-83.5422	111.737751	0.033636	3.363643	84.763106
x16	17.5945	x26	-72.4328	74.5390968	0.014968	1.49685	86.259956
x17	40.7563	x27	-56.728	69.8508552	0.013145	1.314478	87.574435
x18	46.9619	x28	-61.1868	77.1313461	0.016028	1.602772	89.177207
x19	27.508	x29	-65.542	71.0805447	0.013612	1.361167	90.538374
x110	6.05618	x210	-69.8766	70.1385525	0.013253	1.325329	91.863703
x111	4.11974	x211	-53.1466	53.3060348	0.007655	0.765531	92.629234
x112	10.1758	x212	-51.3367	52.3354915	0.007379	0.737909	93.367143
x113	6.36241	x213	-29.0319	29.720893	0.00238	0.237976	93.605119
x114	20.7799	x214	-29.1128	35.7681334	0.003447	0.344669	93.949788
x115	23.9759	x215	-19.7589	31.0686001	0.0026	0.260048	94.209836
x116	10.0129	x216	-28.9971	30.6771898	0.002535	0.253537	94.463373
x117	19.6609	x217	-21.5624	29.1802687	0.002294	0.229397	94.69277
x118	17.6038	x218	-27.2174	32.4142043	0.002831	0.283061	94.975832
x119	17.1428	x219	-25.5408	30.7604951	0.002549	0.254916	95.230748
x120	25.6133	x220	-22.1585	33.8679828	0.00309	0.309021	95.539769
x121	21.9267	x221	-23.6859	32.2769582	0.002807	0.280669	95.820439
x122	19.55	x222	-18.3447	26.8091499	0.001936	0.193632	96.01407
x123	16.4764	x223	-29.9627	34.1940806	0.00315	0.315001	96.329071
x124	24.9926	x224	-14.98	29.1381272	0.002287	0.228735	96.557806
x125	22.4621	x225	-15.1857	27.1136759	0.001981	0.198055	96.755862
x126	16.3904	x226	-24.1767	29.2088691	0.002298	0.229847	96.985709
x127	10.1616	x227	-24.5263	26.5480226	0.001899	0.189878	97.175587
x128	13.0533	x228	-12.5845	18.1316927	0.000886	0.08857	97.264157
x129	12.2651	x229	-18.5195	22.2127116	0.001329	0.132927	97.397084
x130	15.9074	x230	-26.1295	30.5907853	0.002521	0.252111	97.649195
x131	12.3019	x231	-18.0703	21.8602947	0.001287	0.128743	97.777937
x132	18.896	x232	-15.2391	24.2752752	0.001588	0.158759	97.936696
x133	10.6194	x233	-10.128	14.6747416	0.00058	0.058016	97.994713
x134	9.05038	x234	-9.61785	13.2065293	0.00047	0.046988	98.041701
x135	13.4655	x235	-10.1547	16.8652786	0.000766	0.07663	98.118331
x136	12.1948	x236	-8.80515	15.0414033	0.00061	0.060952	98.179282
x137	14.2644	x237	-12.8295	19.1851291	0.000992	0.099161	98.278443
x138	19.5566	x238	-11.2402	22.5566553	0.001371	0.137075	98.415518
x139	10.1681	x239	-11.0866	15.0433692	0.00061	0.060968	98.476486
x140	12.8429	x240	-9.40564	15.9187356	0.000683	0.06827	98.544756
x141	14.0465	x241	-7.4966	15.921783	0.000683	0.068296	98.613051
x142	15.926	x242	-4.42527	16.5293826	0.000736	0.073608	98.686659
x143	16.5107	x243	-9.59946	19.0985038	0.000983	0.098267	98.784926

x144	17.2881	x244	-8.13294	19.1055781	0.000983	0.09834	98.883266
x145	11.8847	x245	-12.3923	17.1701833	0.000794	0.079425	98.962692
x146	10.0777	x246	-10.3607	14.4535166	0.000563	0.05628	99.018972

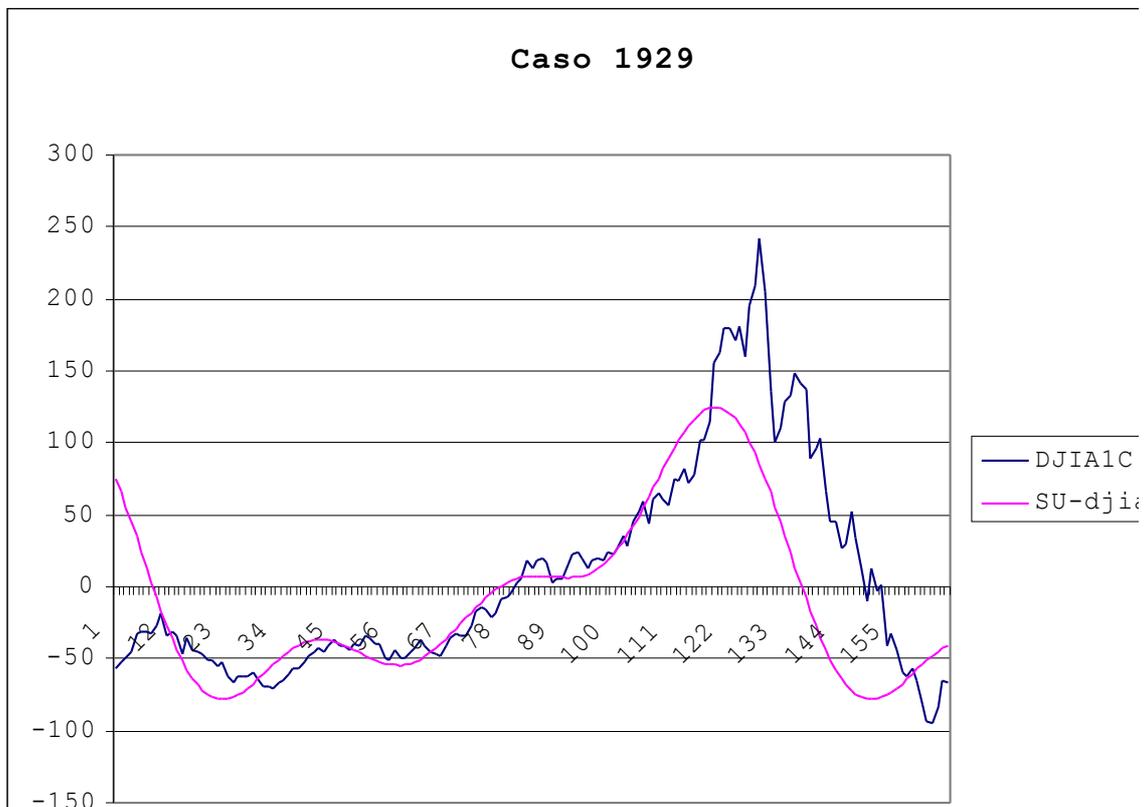
Los periodogramas muestran que con muy pocos ciclos teóricos se explica la mayor parte de la varianza de la serie, siendo así pues plausible la hipótesis de periodicidades fijas ocultas, y, por lo tanto, la hipótesis determinista.

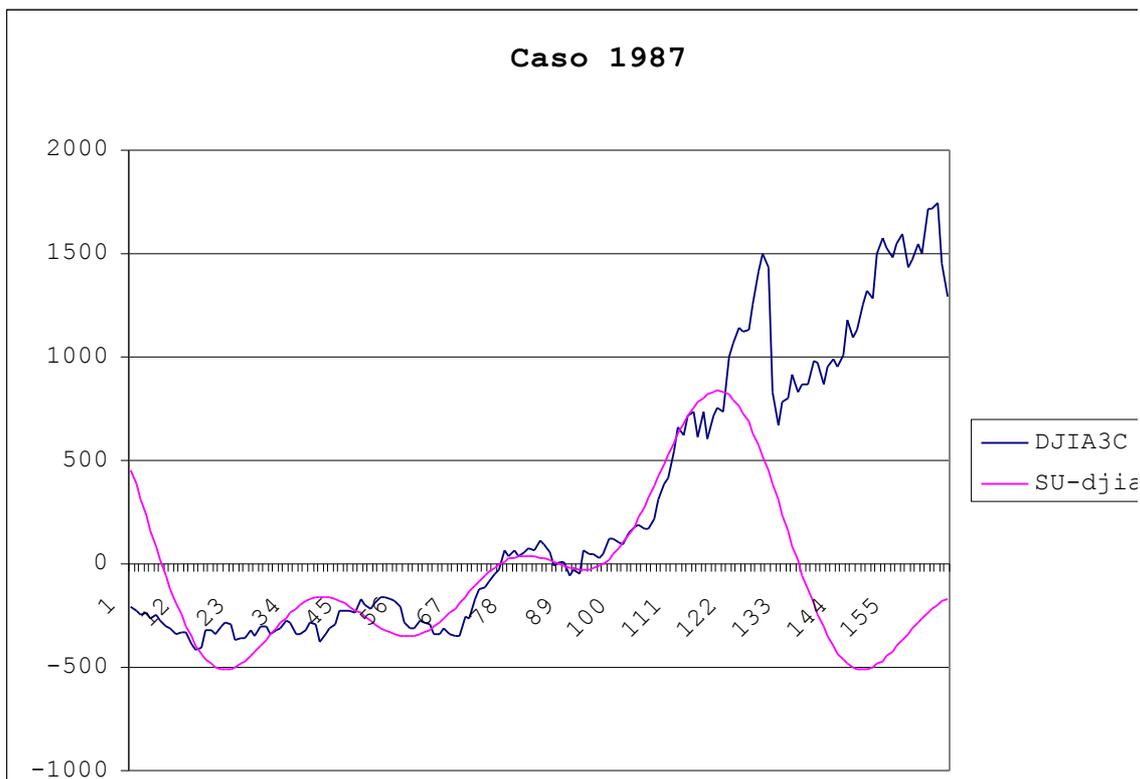
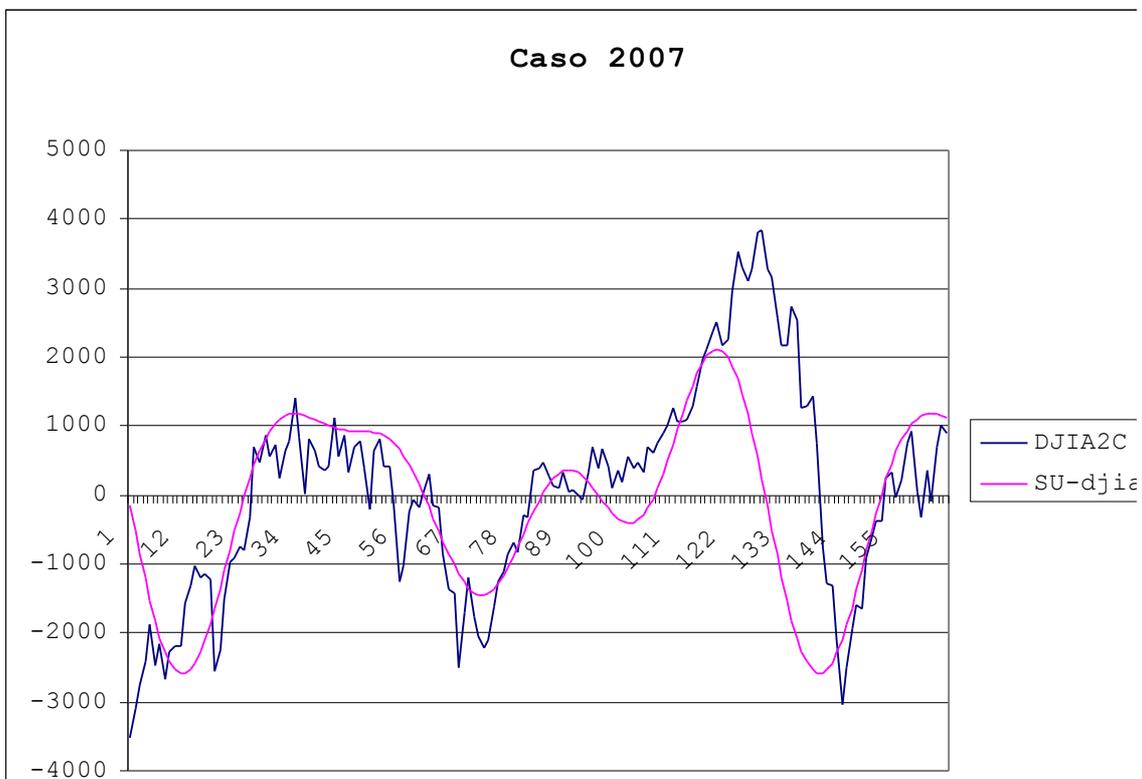
Los tres ciclos teóricos principales son:

- Serie DJIA1C: ciclos de 128, 64 y 43 meses, que explican un 75% de la varianza. La suma de los ciclos es la variable SUDJIA1C.
- Serie DJIA2C: ciclos de 64, 43 y 32 meses, explican un 63%. La suma es SUDJIA2C.
- Serie DJIA3C: ciclos de 128, 64 y 43 meses, explican un 77%. SUDJIA3C.

No obstante, tal y como se expuso previamente, considero que el criterio fundamental para decidir acerca de la corrección de cualquier modelo científico estructural o no, es su capacidad demostrada de realizar predicciones. Por ello, me sitúo en el momento en que el precio de las cotizaciones es más alto, justo antes de comenzar a caer, y compruebo la bondad del ajuste entre la predicción de los tres principales ciclos teóricos calculados y la evolución real del índice de precios de las acciones. Por lo tanto, se han utilizado 128 observaciones para calcular los ciclos teóricos y se predicen los valores de 37 meses. El momento de máximo auge, tal y como se señaló antes, es: 1929:08, 1987:08 y 2007:10.

Gráficamente se observa lo siguiente.





En los casos de 1929 y 2007, la predicción puede considerarse aceptable. No así en el tercer caso, de 1987, para el que las curvas teóricas predicen una caída continuada frente a la realidad de la recuperación del índice, alejando los valores predichos de los reales. En todos los casos, se da una anticipación de nueve meses a la crisis bursátil. En

consecuencia, la evidencia empírica es positiva para la hipótesis de periodicidades fijas y contradictoria, no concluyente, para la hipótesis de predictibilidad .

7. CONCLUSIONES.

La aplicación del análisis armónico a la evolución de los índices bursátiles ofrece resultados parciales. Al plantear tres casos dispares en relación con un mismo índice bursátil, encuentro que, con grandes caídas continuadas de los índices, da capacidad predictiva si utilizamos series de 128 meses. Pero en el otro caso, la predicción es errónea.

Entiendo que el problema se encuentra en tres elementos. Primero, la utilización de series de temporales relativamente cortas. Segundo, el uso de series temporales agregadas, calculadas como una media de elementos que van cambiando. Tercero, la identificación de la tendencia en series temporales. Es la incapacidad para conocer si un movimiento de una serie de datos agregados y heterogéneos es una tendencia o un ciclo, lo que impide predecir correctamente el comportamiento futuro. Es necesario seguir investigando.

En todo caso, las hipótesis determinista y cíclica no son rechazadas en este estudio, pero tampoco reciben un apoyo inequívoco.

8. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA.

Alcaide Inchausti, A. y Álvarez Vázquez, N. J. (1992), Econometría. Modelos Deterministas y Estocásticos. Teoría, Madrid, Ramón Areces.

Álvarez Vázquez, N. J. (1998), Econometría (Addenda), Madrid, UNED.

Álvarez Vázquez, N. J., Rodríguez Ruíz, J. y González Salgueiro, C. (2005), “El Papel de la Inferencia Estocástica en Economía Cuantitativa”, Rect@, Actas 13-1, pp. 1-13.

Álvarez Vázquez, N. J., Pérez Pascual, P. y Alcaide Arenales, A. (2001), “Consideraciones en torno a las Hipótesis Alternativas de Estacionalidad Fijas o Variables”, Rect@, Actas 9-1, pp. 1-13.

Bachiller Cacho, A. (1992), “Estimación del Ciclo Bursátil en las Bolsas Española y Americana”, Revista Española de Financiación y Contabilidad, vol. XXII, n. 73, pp. 975-992.

Brooks, C. y Hinich, M. J. (2006), "Detecting intraday periodicities with application to high frequency exchange rates", Journal Of The Royal Statistical Society Series C, vol. 55, n.2, pp. 241-259.

Chen, P. (1996), "A Random-Walk of Color-Chaos on the Time-Frequency Analysis of S&P Indexes", Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics, vol.I, n.2, pp. 87-103.

Fama, E.F. (1965), "The Behavior of Stock-Market Prices", The Journal of Business, vol. 38, n. 1, pp.34-105.

Fama, E. F. (1970), "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work", The Journal of Finance, vol. 24, n. 2, pp. 383-417.

Granger, C.W.J. (1996), "The Typical Spectral Shape of an Economic Variable", Econometrica, vol. 34, n.1, pp. 150-161.

Granger, C.W.J. y Morgenstern, O. (1963), "Spectral Analysis of New York Stock Market Prices", Kyklos, Vol. 16, n. 1, pages 1–27

Hellstrom, T. y Holmstrom, K. (1998), "Predicting the Stock Market", Technical Report Series Ima-TOM-1997-07, Malardalen University, 1998.

Houthakker, H. S. (1961), "Systematic and Random Elements in Short-Term Price Movements", The American Economic Review, vol. 51, n.2, pp. 164-172.

Kendall, M. G. , Bradford Hill, A. (1953), "The Analysis of Economic Time Series Part I: Prices", Journal of the Royal Statistical Society , Series A, vol. 116, n. 1, pp. 11-34.

LeRoy, S. F. (1973), "Risk Aversion and the Martingale Property of Stock Prices", International Economic Review, vol. 14, n. 2, pp.436-446.

Lo, A. W. y Mackinlay, A. C. (1988), "Stock Market Prices do not follow Random Walks: Evidence from a Simple Specification Test", Review of Financial Studies, vol.1, n.1, pp. 41-66.

Lucas, R.E. (1978), "Asset Prices in an Exchange Economy", *Econometrica*, vol. 46, n. 6, pp. 1429-1445.

Malkiel, B. G. (2003), "The Efficient Market Hypothesis and Its Critics", CEPS Working Paper n. 91, pp. 1-47.

Mandelbrot, B. (1963), "The variation of Certain Speculative Prices", *The Journal of Business*, vol. 36, n. 4, pp. 394-419.

Marcucci, J. (2005), "Forecasting Stock Market Volatility with Regime-Switching GARCH Models", *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, vol. 9, n. 4, pp. 1-53,

Meyers, D. (1999), "The Discrete Fourier Transform Illusion", <http://www.meyersanalytics.com/publications/dft.pdf>.

Nagel, E. (1961), The Structure of Science, Nueva York, Harcourt.

Osborne, M. F. M. (1959), "Brownian Motion in the Stock Market", *Operations Research*, vol. 7, n. 2, pp. 145-173.

Popper, K. (1963), Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge, New York, Harper Torchbooks.

Samuelson, P.A. (1965), "Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly", *Industrial Management Review*, vol. 6, n. 2, pp. 41-49.

Selvam, A.M. (2006), "Spectral Analysis of Dow Jones Index and Comparison with Model Predicted Cycles during 1900-2005", <http://arxiv.org/abs/physics/0603065v1>, pp. 1-15.

Sewell, M. (2011), "Characterization of Financial Time Series", UCL Department of Computer Science, Research Note RN/11/01, pp. 1-35.

Tirole, J. (1982), “On the Possibility of Speculation under Rational Expectations”, *Econometrica*, vol. 50, n. 5, 1982, pp. 1163-1181.

Turhan-Sayan, G., Sayan, S. (2011), “Use of Time-Frequency Representations in the Analysis of Stock Market Data”, cap. 22, pp.429-453 in *Computational Methods in Decision-making, Economics and Finance* edited by E. Kontoghiorghes, B. Rustem and S. Siokos, Kluwer Applied Optimization Series (Series Editors: P. Pardalos and D.W. Hearn), Kluwer Academic Publishers, 2002. (chapter in book).

Uddin, G.S., Khoda, N. (2009), “An Empirical Examination of Random Walk Hypothesis for Dhaka Stock Exchange: Evidence from Pharmaceutical Sector of Bangladesh”, *International Research Journal of finance and Economics*, n. 33, pp.87-100.