

Alfredo  
Bachiller Cacho  
*Dpto. de Contabilidad  
y Finanzas.  
Universidad  
de Zaragoza*

# ESTIMACION DEL CICLO BURSATIL EN LAS BOLSAS ESPAÑOLA Y AMERICANA (\*)

1. *Introducción.—2. Metodología:*
  - 2.1. *Formulación del modelo.*
  - 2.2. *Aplicación del modelo armónico a las series temporales*
  3. *Aplicación del modelo armónico a la Bolsa de Madrid.*
4. *Análisis de resultados.—5. Conclusiones para la Bolsa española.*
6. *Aplicación del modelo armónico a la Bolsa americana.*
7. *Resultados obtenidos en la Bolsa americana.*
8. *Comparación de resultados para las Bolsas americana y española.*

## RESUMEN:

EN el presente artículo se propone la estimación de los ciclos más significativos para las Bolsas española y americana, mediante la aplicación del modelo armónico, estudiando sus características más significativas para el período 1941-1990.

### 1. INTRODUCCIÓN

El estudio y análisis para la determinación de los ciclos económicos ha sido realizado por numerosos investigadores a partir de 1940. De esta

(\*) Trabajo realizado bajo la ayuda financiera de C.O.N.A.I. Diputación General de Aragón.

forma, Dewey creó una fundación para el estudio de los ciclos en la ciudad norteamericana de Pittsburgh. En la revista que edita la fundación: CÍCLOS se pone de manifiesto las investigaciones llevadas a cabo en diferentes áreas incluyendo las económicas y mercantiles, y las que hacen referencia a los mercados de valores y mercancías.

Dewey y Mandino (1973) analizan ciclos que, en principio, no tienen ningún tipo de relación entre sí y que han llegado a durar muchos años. Durante el período 1415-1930 se estimaron ciclos de 9,6 años para la abundancia del Salmón en el Atlántico, de 22,2 años en las batallas internacionales, etc. También se destaca que el ciclo medio de actividad de las manchas solares iniciada en 1527 tiene una duración de 11,11 años. En cuanto a los ciclos económicos se determinó un ciclo de 18,33 años en la actividad de bienes raíces y otro de 9,2 del mercado de valores. Posteriores investigaciones determinaron que los ciclos similares actúan sincronizados, siendo el más conocido en la literatura económica el determinado por el economista ruso Nicolai D. Kondratief en 1920 y que tiene una duración aproximada de cincuenta y cuatro años. Este mismo ciclo ha sido identificado en los tipos de interés, precios del cobre, algodón, trigo, valores y mercancías al «Por Mayor». Kondratief analizó la «Onda Larga» desde 1789, utilizando factores, con los precios de las mercancías, producción de hierro y acero y salarios de los trabajadores agrícolas en Inglaterra. Murphy (1990).

Uno de los primeros análisis para el estudio de los ciclos, en el caso concreto de los mercados de valores, fue el efectuado mediante el análisis espectral y realizado por Granger y Morgenstern (1964) tomando variaciones absolutas en los índices mensuales «Standard and Poor 500» para el período 1915-1961 y el efectuado para el índice «Dow Jones Industrial» durante el mismo período. Eliminando la tendencia y utilizando medias móviles encontraron componentes a largo plazo que incidían en el comportamiento de la serie de forma repetitiva. Observaron una elevada correlación entre los índices del sector manufacturas y el de transportes.

Sharma y Kennedy (1977) aplicaron el análisis armónico al mercado de valores de la India, con objeto de comparar los resultados con el análisis de Granger y Morgenstern. La técnica utilizada consistió en calcular los armónicos de las series originales y las primeras diferencias en los logaritmos de las mismas. En las series originales encontraron que para frecuencias bajas (períodos grandes) existía correspondencia entre los índices, por lo que concluyeron con la existencia de fluctuaciones «largas» y no fluctuaciones estacionales.

Hey (1977), utilizando precios diarios para 14 empresas americanas,

encontró comportamientos no aleatorios aplicando el modelo armónico.

La investigación consistirá en la determinación de las periodicidades y en la estimación de los ciclos para las bolsas de Madrid y Nueva York durante el período 1941-1990.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada es el análisis armónico que consiste en determinar de forma explícita la aportación que, a la varianza de la serie, efectúan sus componentes cíclicos de diferente periodicidad.

En principio, en cualquier serie histórica no se conoce si existen ciclos, o bien si éstos se aceptan, cuales son sus períodos básicos. La hipótesis ondulatorio-determinista supone la consideración de la propia serie histórica sin someterla a ningún tipo de transformación, ya que de lo contrario, al ser sometida la serie, por ejemplo, a primeras diferencias, como abogan los probabilistas, se producirían los siguientes efectos:

- Por un lado, la reducción de la varianza: «La diferenciación se convierte con frecuencia en la parte más importante, es decir, la que explica el mayor porcentaje...» Makridakis (1980).
- Un segundo efecto es la amplificación de determinados ciclos y la atenuación de otros: «... La serie de primeras diferencias está dominada por los componentes estacional e irregular con una clara ponderación de esta última.» Melis Mainar (1982).

Si se acepta que una de las características de las series históricas es la fluctuación, es lógico pensar en un modelo cuya naturaleza sea la adecuada para el tratamiento de fenómenos ondulatorios y uno de los más importantes es el modelo armónico.

La hipótesis básica del análisis armónico afirma que todas las funciones periódicas pueden expresarse como suma de componentes sinusoidales, lo que significa:

- Posibilidad de descomponer la función en armónicos o ciclos.
- Con un reducido número de armónicos se puede aproximar la función aceptablemente.

Las series trigonométricas de Fourier tienen claras ventajas sobre las series de Taylor, ya que en las segundas (Taylor) exigen el empleo de coeficientes diferenciales sucesivos, mientras que las primeras (Fourier) re-

presentan una función periódica con discontinuidades en número finito. La aproximación polinómica, como las funciones lineales, cuadráticas, et-  
cétera, no pueden representar fenómenos de naturaleza repetitiva.

«Desde una perspectiva de hipótesis ondulatoria la única diferencia que existe entre ciclo, estacionalidad y componente irregular, son las diferentes periodicidades que presentan, mayor para el ciclo y menor en los componentes irregulares.» Alvarez Nelson (1986).

### 2.1. *Formulación del modelo*

Inicialmente formulado por el matemático Fourier presenta las siguientes proposiciones básicas:

Se dice que  $F(t)$  es una función periódica, cuando el conjunto de valores de la función se repite en los intervalos regulares de la variable independiente  $t$ .

Se denomina período de la función de intervalo constante,  $T$ , a la parte de la oscilación que tiene lugar a lo largo de un período.

El fundamento de las series de Fourier consiste en la representación mediante una serie trigonométrica de la forma:

$$F(t) = a_0 + \sum_{p=1}^m (a_p \cos p \omega_0 t + b_p \sin p \omega_0 t)$$

Donde:

$F(t)$  es la serie libre de tendencia.

$a_p, b_p$  son los coeficientes de Fourier a estimar.

$\omega_0 = 2\pi/T$  es la frecuencia y cuyo inverso se denomina período.

$p$  es el orden del armónico.

De la definición de frecuencia tenemos que:

- Los ciclos largos ( $T$  grande) — frecuencia pequeña.
- Los ciclos cortos ( $T$  pequeña) — frecuencia alta.

Por suma de  $m$  armónicos (ciclos) se obtiene una oscilación compuesta que puede ser una aproximación de los ciclos económicos.

En el modelo se incluyen  $m$  ciclos o armónicos de naturaleza determinista y  $a_0$ , recoge el conjunto de los demás ciclos cuyo efecto individual es de escasa importancia.

A medida que el valor de  $p$  crece, los ciclos incluidos en el segundo término de la expresión presentarán períodos de crecientes (frecuencias crecientes).

El objetivo del análisis armónico es que, partiendo de los valores observados de la serie de tiempo, estimar los armónicos que contribuyen a la explicación del comportamiento de la serie estudiada. Lo que se pretende es determinar las periodicidades ocultas, ya que los armónicos no son observables directamente.

«El modelo expuesto constituye una oscilación regular, sin embargo, las fluctuaciones de los fenómenos económicos no suelen presentar esa regularidad.» Alvarez Nelson (1986). También se supone que la tendencia es un ciclo, que su período es mayor que el tamaño de la serie.

La adaptación del modelo puede verse en Alvarez Nelson (1986) y en Brockwell y Davis (1987).

## 2.2. *Aplicación del modelo armónico a las series temporales*

El análisis permite la descomposición de los valores de la serie de componentes ortogonales, correspondientes a las frecuencias de Fourier  $2/T, 4/T, 6/T, \dots$

El valor de la amplitud de la oscilación correspondiente al armónico  $p$ -ésimo, vendrá dada por:

$$R_p = (a_p^2 + b_p^2)^{1/2}$$

Un valor alto estaría indicando un ciclo importante en la serie, y cuya interpretación permitiría formular conclusiones sobre la correspondencia con los fenómenos en estudio.

La importancia de los ciclos, en relación con la variación de la serie, puede expresarse en virtud del teorema de Parseval, que descompone la varianza de modo que la contribución del armónico  $p$ -ésimo será:

$$(1/2) * R_p^2.$$

Chatfield define el periodograma como la altura de un rectángulo cuya base es  $W_0$ . El área del rectángulo es la contribución a la varianza del armónico  $P$ -ésimo, es decir, el área total debajo del periodograma corresponde a la varianza de la serie.

Los picos que se producen en el espectro (periodograma) indican los períodos en los que pueden existir regularidades relevantes. El que exis-

tan regularidades debe conducir al descubrimiento de los factores explicativos del fenómeno que ha ocurrido en esa parte del ciclo.

El teorema del Parseval afirma que la varianza de la serie es explicada íntegramente por los armónicos. Si el número de armónicos es elevado corresponde a cada uno de ellos una parte pequeña de explicación de la varianza.

En la hipótesis determinista este problema es abordado como la convergencia de la serie trigonométrica a la función  $F(t)$ . Es decir, se requiere, no sólo que converja, sino que lo haga rápidamente, lo que depende de la prontitud que tiende a cero su término general, a medida que crece el valor de  $p$ .

Una condición necesaria de convergencia está determinada por:

$$\lim_{p \rightarrow \infty} a_p = \lim_{p \rightarrow \infty} b_p = 0$$

Esta condición se cumple si se verifica que:

$$\sum_{p=1}^{\infty} (a_p^2 + b_p^2) \text{ converge a } F(t)$$

Como conclusión se puede comentar que la rapidez de la convergencia se comprueba examinando los coeficientes de Fourier o bien el periodograma.

### 3. APLICACIÓN DEL MODELO ARMÓNICO A LA BOLSA DE MADRID

La investigación consiste en analizar la validez de la metodología expuesta anteriormente en relación con el análisis determinista para el estudio de las series bursátiles.

Ha de destacarse los siguientes aspectos:

- En primer lugar, se trata de comprobar la bondad de la aproximación de acuerdo con los criterios anteriormente señalados referentes a la contribución a la varianza con un reducido número de armónicos, así como que los coeficientes de Fourier tiendan a cero.
- En segundo lugar, se trata de analizar las peculiaridades de la serie.
- En tercer lugar, se pretende poner de manifiesto la utilidad del

modelo armónico para detectar las «periodicidades ocultas» y la determinación de la serie analizada.

- Finalmente, concluir con los ciclos que más influencia e incidencia tienen en el comportamiento bursátil analizado.

La serie analizada comienza en enero de 1941 tomando como base 100 el 31 de diciembre de 1940 y finaliza en diciembre de 1990, habiendo corregido la serie para que no presente discontinuidades en el tiempo (el índice de Madrid tomaba el valor 100 al finalizar el año hasta 1985).

La información analizada es para datos mensuales, por lo que se trata de cincuenta años que supone 600 datos a analizar.

De la serie original del índice general mensual se ha eliminado la tendencia, ya que los datos están generalmente afectados por el componente estacional que puede provocar ciclos más o menos regulares de corta duración y que generalmente son producidos por causas ajenas a la voluntad de la serie.

La eliminación de la tendencia del índice general se ha efectuado mediante mínimos cuadrados, resultando:

$$X_1 = -379,96 + 4,44Y_1$$

Evidentemente, la serie sin tendencia tiene una media=0. La serie resultante es, por tanto, estacionaria, tal como se expone en el modelo expuesto anteriormente.

#### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La contribución a la varianza supone que para los 12 primeros armónicos explican el 96 por 100 de la varianza total de la serie, siendo la contribución de los ciclos superiores al año el 98,48 por 100.

Para la correcta interpretación del periodograma es preciso tener en cuenta que no importa tanto el valor absoluto de la ordenada correspondiente a una frecuencia dada, sino tener en cuenta su relación con los valores de las frecuencias más próximas. Esto es notablemente importante cuando se compara los «picos» que corresponden a distintos armónicos.

Del análisis del periodograma se destaca, en primer lugar, la rapidez de su convergencia, lo que confirma la bondad de la aproximación mediante el análisis armónico del ciclo estimado. Si a esto se le añade la concentración de la varianza en un número reducido de armónicos, se

produce un argumento favorable a la presunción de una hipótesis ondulatoria para los fenómenos bursátiles.

Una vez efectuadas estas indicaciones, las principales frecuencias a analizar serían las bajas (ciclos largos).

Se han estimado 300 ciclos teóricos, que se han agrupado teniendo en cuenta las respectivas contribuciones a la varianza de la serie. El ciclo más importante estimado es el correspondiente al tercer armónico, cuya contribución a la varianza es de 31,46 por 100, siendo el segundo armónico con una contribución a la varianza del 21,95 por 100 el segundo en importancia.

Analizando el periodograma, se observa que en relación con los valores de las frecuencias más próximas, el armónico 15, que se corresponde al ciclo de cuarenta meses presenta una modulación importante, así como el armónico 18 que se corresponde con el ciclo de 33,3 meses. En ambos casos la aportación a la varianza es de escasa significación, 0,38 por 100 para el armónico 15 y 0,41 por 100 para el correspondiente al armónico 18.

En relación con los ciclos estacionales (inferiores al año) la aportación a la varianza de todos los ciclos estimados inferiores al año supone una aportación a la varianza del 1,5 por 100.

Si se analiza el periodograma por proximidad de frecuencias resultan que los ciclos a estudiar son el armónico 49 que corresponde al ciclo de 12,24 meses y el armónico 46 que corresponde al ciclo de 13,04 meses.

En cuanto a los ciclos estacionales, si bien no son significativos por su aportación a la varianza, destaca el comportamiento del armónico 65, que corresponde al ciclo de 9,23 meses.

## 5. CONCLUSIONES PARA LA BOLSA ESPAÑOLA

La conclusión más importante puesta de manifiesto por el análisis efectuado es que los componentes a largo plazo son los más relevantes, siendo de destacar el correspondiente al tercer armónico, que se corresponde con el ciclo de 16,67 años, cuya aportación a la varianza de la serie es de 31,46 por 100.

Este ciclo se aproxima al ciclo estudiado por Kunnetz, que determinó un ciclo económico de veinte años de duración.

Para la Bolsa española pone de manifiesto las fechas importantes siguientes:



- 1957/1959. Plan de estabilización.
- 1973/1974. Inicio crisis energética y crisis bursátil.
- 1990. Crisis bursátil como consecuencia de la inestabilidad política en Oriente Medio a partir de agosto de 1990.

El ciclo de 3,33 años, opino, se trata de efectos producidos en la economía española como consecuencia de políticas económicas *Stop and go* con medidas monetarias de corte restrictivo para controlar los niveles de inflación generados como consecuencia de períodos de crecimiento económico.

Para el ciclo de 1,02 años (12,24 meses), puede deducirse un efecto estacional anual que produce alzas bursátiles durante el mes de enero debido a efectos fiscales (tratamiento de las plusvalías en el I.R.P.F.), y que produce «materialización de minusvalías durante el mes de diciembre». Bachiller (1990). El ciclo de 1,09 años (13,04 meses) pudiera tratarse de una consecuencia del ciclo comentado anteriormente como consecuencia del alza producida durante el mes de enero y que produce «realizaciones de beneficios» durante los meses de febrero y marzo.

Finalmente, el ciclo correspondiente a 9,23 meses indica el aumento de actividad producida en el mercado como consecuencia del regreso del período de vacaciones de verano y la preparación por parte de los inversores institucionales de los resultados de la gestión de sus carteras para el cierre de ejercicio anual.

## 6. APLICACIÓN DEL MODELO ARMÓNICO A LA BOLSA AMERICANA

La serie analizada corresponde al Índice Dow Jones Industrial, para el período comprendido entre 1941-1990, teniendo en cuenta que la serie toma el valor 100 el 31 de diciembre de 1940.

Al igual que en caso de la Bolsa de Madrid a la serie original se le ha eliminado la tendencia (fig. 3 mediante la regresión:

$$X_1 = -80 + 2,28Y_1$$

la serie resultante se le somete al modelo armónico.

## 7. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA BOLSA AMERICANA

La contribución a la varianza de los primeros 12 armónicos estimados supone una explicación del 88,47 por 100 de la varianza total de la serie, siendo la contribución a la varianza de los ciclos superiores al año el 98,18 por 100.

La primera conclusión relevante del análisis del periodograma pone de manifiesto la rapidez de convergencia, lo que confirma la aceptación del modelo para la estimación de los ciclos teóricos. También es de destacar que la aportación a la varianza de la serie de los primeros armónicos es muy superior a la del resto, de aquí que se confirma la bondad de las hipótesis ondulatorias para el estudio de esta serie.

Una tercera conclusión a la vista del periodograma es que ha de tenerse en consideración las frecuencias bajas, ya que determinan el comportamiento del mercado al igual que en el caso de la Bolsa de Madrid. Esta afirmación supone la elevada incidencia de los ciclos largos, frente a los de pequeña duración (los ciclos estacionales inferiores al año también tienen escasa significación).

El ciclo estimado más importante es el correspondiente al segundo armónico que representa veinticinco años y cuya aportación a la varianza de la serie es del 38,25 por 100; la aportación del primer armónico es del 20,52 por 100 y ocupa el segundo lugar, siendo la del tercero del 12,58 por 100.

Es también de destacar el comportamiento del armónico 14, que se corresponde con el ciclo de 42,8 meses (5,57 años) y cuya aportación a la varianza es del 2,04 por 100.

Si se analizan los valores que toma el periodograma en relación con los valores de las frecuencias más próximas, destacan los armónicos que se corresponden a 28,57, 18,18, 13,04 meses y, finalmente, el de 12,24 meses.

Para los ciclos estacionales estimados, no supone ninguna significación, ya que su aportación conjunta a la varianza es del 1,86 por 100.

En la Bolsa de Nueva York son también los componentes a largo plazo y que suponen, por tanto, bajas frecuencias o ciclos largos las que determinan el comportamiento del mercado. De esta forma, es preciso destacar que el ciclo teórico más relevante es el segundo armónico, que se corresponde al ciclo teórico de veinticinco años, siendo su aportación a la varianza del 38,25 por 100.

También es de destacar la importancia del tercer armónico que se co-

rrsponde con el ciclo de 16,67 años y cuya aportación a la varianza es del 12,58 por 100.

Sin embargo, es de destacar para la Bolsa americana el ciclo de 42,86 meses (3,57 años) que pudiera tratarse del ciclo político, y que se corresponde con las elecciones políticas que para el caso de Estados Unidos son cada cuatro años.

El análisis armónico pone de manifiesto el ciclo de 12,24 meses (1,02 años) y que, al igual que para la Bolsa de Madrid, se trata del denominado efecto enero, debido a motivaciones fiscales por la materialización de minusvalías durante el mes de diciembre. Este efecto fue cuantificado por primera vez para el caso de la Bolsa americana por Banz (1981) y Reinganumm (1983).

#### 8. COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA LAS BOLSAS AMERICANAS Y ESPAÑOLA

Finalmente, a modo de resumen se presentan los gráficos comparativos de las bolsas americanas y españolas, así como las periodicidades más relevantes estimadas según el modelo armónico.

En primer lugar, la evolución gráfica de ambos mercados durante el período 1940-1990 (base 100 el 31/12/1940). Figura 1.

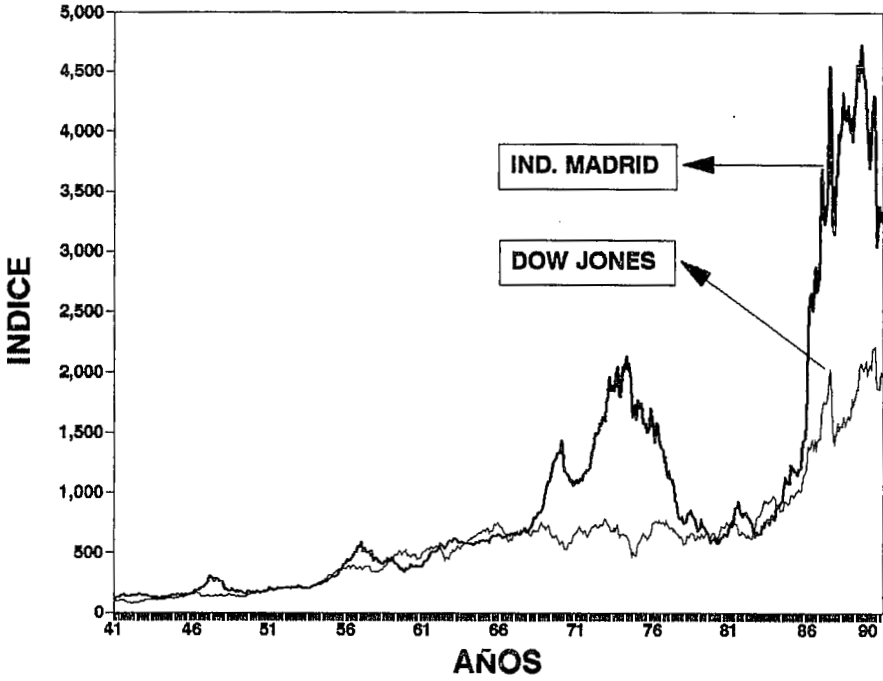
En segundo lugar, los periodogramas obtenidos mediante la estimación del modelo armónico para las dos bolsas objeto de la investigación. Figura 2.

Finalmente, los ciclos teóricos entre tres y veinticinco años para ambos mercados. Figura 3.

La conclusión más relevante obtenida es que las periodicidades de ambas series son diferentes, si bien el tercer armónico tiene una importancia relativa elevada, es de destacar su mayor importancia para el caso español que para la Bolsa americana.

Al ser las periodicidades diferentes para ambos mercados durante el período analizado y teniendo en cuenta la escasa correlación del mercado español, ambos mercados han presentado durante esta época distintos comportamientos. Esta afirmación, sin embargo, es necesario matizarla ya que, como se desprende del estudio efectuado por Espitia y Santamaría (1991) mediante la aplicación del vector autorregresivo (modelo de Sims), ponen de manifiesto la elevada integración del Mercado de Capitales Español a partir de 1986.

### INDICE B.MADRID Y N.YORK



AÑOS

FIG. 1

### PERIODOGRAMA B. MADRID Y B. N.YORK

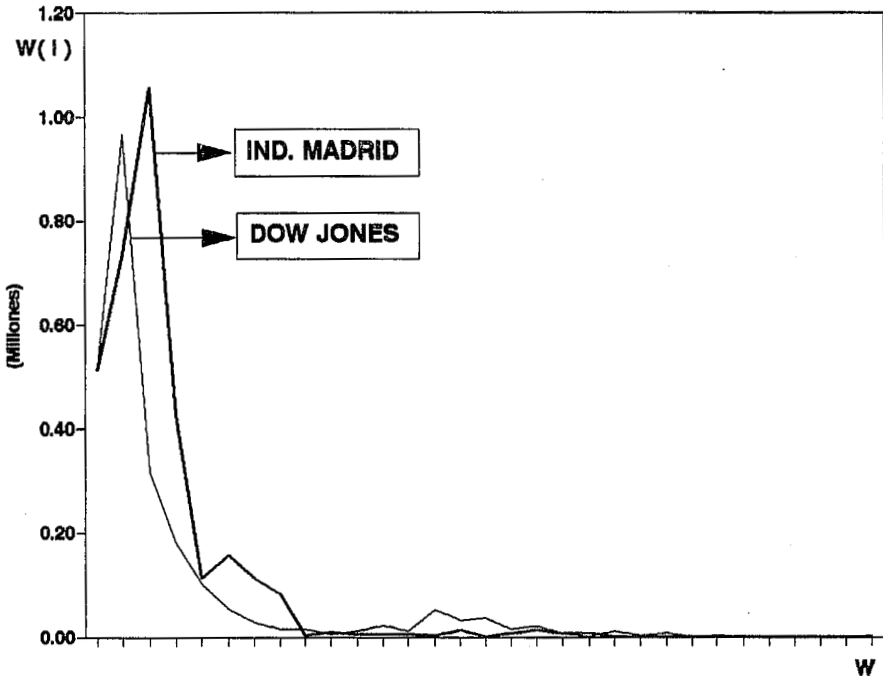
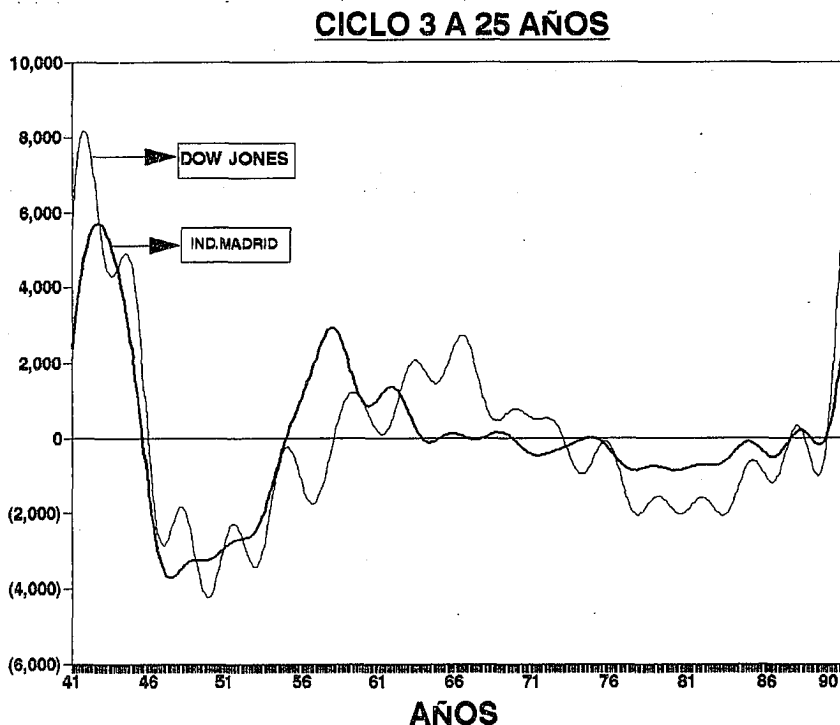


FIG. 2



**AÑOS**

FIG. 3

Finalizó la investigación con la afirmación de Michael Porter, profesor de Harvard Business School, *La crisis económica actual es un fenómeno cíclico* (1990).

#### BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, NELSON (1986): *Aplicación del análisis armónico a fenómenos meteorológicos y económicos*, Ed. Inst. Nac. Meteorología.
- BACHILLER, A. (1990): «Análisis de los efectos sistemáticos del mercado de capitales español: Estudio en un contexto determinista». Tesis doctoral no publicada. Universidad de Zaragoza.
- BROCKWELL, P. J., y DAVIS, R. A. (1987): *Time Series: Theory and Methods*, Ed. Springer-Verlag, Nueva York.
- DEWEY R., MANDINO (1973): *Cicley: The Misterius Forces that Trigger Evans*, Nueva York.

- GRANGER, O., y MORGENSTERN, O. (1964): *Spectral Analysis of N. York Stock Market Behavior*, Ed. Kylos.
- HEY, J. D. (1977): «Spectral Analysis of Stock Market Prices», *Journal of Finance and Quantitative Analysis*. Citado por C. W. GRANGER en *A Survey of Empirical Studies on Capital Markets*, págs. 11-25.
- MAKRIDAKIS, S. (1980): *Time Series Analysis and Forecasting, and update evaluation*, Inter. Statis. Rev., vol. 46, págs. 225-278.
- MELIS MAYNAR, F. (1982): «Indicadores cíclicos y tasas de variaciones», *Estadística Española*, núm. 95, págs. 7-28.
- MURPHY, J. J. (1990): *Análisis técnico de los Mercados de Futuros*, Gesmovasa, Madrid.
- PORTER, M.: *Diario Expansión*, 20 de septiembre de 1990.
- SHARMA, J., y KENNEDY, R. E. (1977): «Comparative Analysis of Stock Price Behavior of Bombay, London and N. York», *Journal Finance and Quantitative Analysis*, núm. 3, págs. 391-411.