

**MEMORIA COLECTIVA EN LOS MERCADOS FINANCIEROS:
DE HALBWACHS A LOS MAPAS AUTOORGANIZATIVOS DE
KOHONEN**

M^a Teresa Sorrosal Forradellas, Dídac Ramírez Sarrió
Dep. Matemática Económica, Financiera y Actuarial
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad de Barcelona.
Avda. Diagonal, 690.
08034 - Barcelona - España
sorrosal@ub.edu, dramirezs@ub.edu

Recibido 16 de noviembre 2004, recibido con observaciones 21 de febrero de
2005, aceptado el 21 de marzo 2005.

Resumen

El principal objetivo de este trabajo es desarrollar, desde un punto de vista teórico y metodológico, la noción de memoria colectiva dentro del contexto financiero. Basándonos en el análisis realizado por el sociólogo M. Halbwachs, proponemos una acepción de memoria diferente a las utilizadas por la Econometría y el Análisis Técnico; una que sea capaz de tener en cuenta los efectos producidos por el recuerdo de acontecimientos pasados y a la que hemos denominado, siguiendo la terminología de Halbwachs, *memoria colectiva*. La metodología que permite examinar estos efectos es la que ofrecen las redes neuronales artificiales, y en este caso en particular, los mapas autoorganizativos de Kohonen. Emulando el funcionamiento del cerebro humano, estos mapas agrupan los elementos de un mercado financiero en función de la similitud entre sus características. El estudio concluye con un ejemplo, en el cual analizamos la evolución de ciertos activos del Ibex-35 durante los días posteriores a la celebración de unas elecciones generales, como ejemplo de un acontecimiento que puede ser explicado mediante la noción de memoria colectiva y utilizando las redes de Kohonen.

Palabras clave: *memoria colectiva, mapas de Kohonen, mercados financieros, efecto elecciones generales.*

COLLECTIVE MEMORY IN FINANCIAL MARKETS: FROM HALBWACHS TO SELF-ORGANIZING KOHONEN MAPS

M^a Teresa Sorrosal Forradellas, Dídac Ramírez Sarrió
Dep. Matemática Económica, Financiera y Actuarial
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad de Barcelona.
Avda. Diagonal, 690.
08034 – Barcelona - España
sorrosal@ub.edu, dramirezs@ub.edu

Received 16 November 2004, received in revised form 21 February 2005,
accepted 22 March 2005.

Abstract

The main aim of this paper is to develop theoretically the notion of collective memory within a financial context. Through M. Halbwachs' analysis of this concept, we develop a notion of memory that is different from Econometrics and technical and Technical Analysis' – a memory capable of taking into account the effects produced by the recall of pas events. These effects can be examined through a special kind of artificial neural network, self-organizing Kohonen maps. Emulating the way the human brain works, these maps cluster the elements of a financial market according to the similarities between their characteristics. This study concludes with an example to analyse the evolution of certain financial assets composing the Ibex-35 index during the days following a general election, as a case of events that can be explained through collective memory by using Kohonen maps.

Key Words: *Collective Memory, Kohonen maps, Financial Markets, General Elections Effect.*

1. INTRODUCCIÓN

En un trabajo previo (Sorrosal y Ramírez, 2003) defendimos la hipótesis de existencia de tres modalidades de memoria en los mercados financieros: *memoria-dependencia*, *memoria-patrón* y *memoria colectiva*. La primera es característica del análisis econométrico y expresa la relación funcional entre valores pasados de una misma variable, en nuestro caso la rentabilidad de un activo financiero. La segunda está relacionada con el análisis técnico y se interpreta como la repetición a lo largo del tiempo de la misma figura o patrón esbozado por la rentabilidad de un activo financiero en su correspondiente gráfico o *chart*. Por último, la memoria colectiva, sobre la cual centramos aquí nuestra atención y que en su momento definimos como el conjunto de información, reglas y conocimiento acerca del pasado y compartido por los miembros de un mercado financiero, que puede ser usado para mejorar decisiones futuras en circunstancias similares.

La econometría ha afrontado la modelización de series temporales comenzando por modelos puramente aleatorios hasta llegar a la memoria-dependencia mediante modelos cada vez más complejos, desde el pionero análisis R/S [Hurst, 1951] hasta los modelos ARFIMA [Hosking, 1981] y posteriores [Granger, 1996]. Estos métodos se han aplicado en el contexto financiero utilizando series temporales de índices como variable representativa del mercado al que corresponden, y analizando el *grado de memoria* que se deriva de ellas. Por otro lado, el Análisis Técnico [Murphy, 1999] se ayuda de gráficos e indicadores, basados en precios y volúmenes, para detectar la formación de figuras reconocibles que forman lo que hemos denominado memoria-patrón.

Con estas dos referencias al pasado se cubre un amplio rango de los efectos que el paso del tiempo provoca en el proceso de toma de

decisiones futuras, pero todavía restan acontecimientos que no pueden explicarse sin postular un tercer tipo de memoria. Es en este sentido que pretendemos ofrecer una aproximación teórica y empírica a la noción de memoria colectiva en el contexto financiero. Así, en la sección 2 destacamos algunos aspectos de la investigación del sociólogo francés Maurice Halbwachs sobre dicho concepto y analizamos su aplicabilidad a los mercados financieros. En la sección 3 proponemos el uso de los mapas autoorganizativos desarrollados por el finlandés Teuvo Kohonen como instrumento metodológico capaz de tratar con datos económicos para detectar los efectos de la memoria colectiva, mejorando de esta manera la explicación de ciertos acontecimientos de carácter financiero. En la siguiente sección presentamos los datos y resultados obtenidos al analizar el “*efecto elecciones generales*” sobre la evolución de algunos de los activos que forman el Ibex-35 o índice que combina, ponderados por su capitalización, los precios de los 35 valores más líquidos del Sistema de Interconexión Bursátil Español. Después de las conclusiones y referencias, finalizamos el trabajo con un breve anexo en el que se apuntan los pasos a seguir para implementar un mapa de Kohonen.

2. LA NOCIÓN DE MEMORIA COLECTIVA Y SU APLICACIÓN AL CONTEXTO FINANCIERO.

La Sociología es la disciplina que ha participado más activamente en el estudio de la memoria colectiva. En este campo, debemos hacer especial énfasis en la contribución de Maurice Halbwachs, primero en *Les cadres sociaux de la mémoire* y después en la obra póstuma *La mémoire collective*. Este autor destacó por su defensa a la naturaleza social de nuestros recuerdos, argumentando que aunque pueda parecer que recordamos individualmente, los seres humanos somos

seres sociales y nuestro entorno influye en la manera de concebir los recuerdos, y aún más importante, en el proceso de evocarlos. Halbwachs también analizó la estrecha relación entre memoria y tiempo. Pero no solo lo hizo en el sentido tradicional de la duración de la memoria a largo plazo, o de los requisitos para que una información pertenezca a ella; sino que consideró la memoria del grupo como un instrumento de medida de la longevidad, puesto que cuando un colectivo renueva por completo el conocimiento almacenado en su memoria éste deja de existir como tal, pudiendo decir que el grupo ha desaparecido y se ha formado uno de nuevo.

Entre estos grupos de individuos, nuestro interés se halla en los que participan en un mercado financiero. Halbwachs se refirió a la memoria de los agentes que actúan en las bolsas de valores [Halbwachs, 1947], destacando que se necesita un largo periodo de tiempo para que los acontecimientos que tienen lugar en un mercado puedan cambiar de una forma significativa la memoria del grupo. Economistas e investigadores del campo financiero se han interesado por los efectos de la memoria en las decisiones de los agentes económicos. Así, por ejemplo, se ha señalado la falta de memoria en los mercados financieros durante las crisis causadas por burbujas especulativas [Galbraith, 1990]; se ha estimado el porcentaje de individuos que rememoran crisis anteriores cuando el mercado está experimentando una situación similar [Shiller, 1989] y se ha apelado a la memoria colectiva como causa para explicar la dependencia entre observaciones en una serie temporal [Prat, 1999].

Con la finalidad de disminuir la confusión que el término '*memoria colectiva*' lleva asociada, nosotros la empleamos para referirnos al mencionado conjunto de información, reglas, conocimiento y patrones

de comportamiento que se adquieren a lo largo del tiempo y que son compartidos por los miembros de un grupo, con el fin de homogeneizar la representación del pasado y tomar ventajas de él durante el ejercicio de su actividad en el futuro.

Este conjunto, que está formado por recuerdos, tiene efectos sobre las decisiones futuras de los agentes y, en consecuencia, determina parcialmente la evolución de los mercados financieros en periodos venideros. A pesar de la dificultad para especificar exhaustivamente la composición de la memoria colectiva o cuantificar su influencia, se hace necesario abordar este estudio en aras a mejorar la explicación de determinados fenómenos. A modo de ejemplo, sería difícil entender la conducta del Bundesbank, claramente antiinflacionista, sin el recuerdo de una severa crisis causada por la inflación en el pasado de Alemania que marcó la memoria del mercado germano.

En este trabajo, mostramos los resultados obtenidos en el análisis de la evolución a corto plazo del precio de algunos activos del índice Ibex-35, incorporando la memoria de los participantes cuando se enfrentan a unas elecciones generales. Nuestro objetivo no es entonces predecir el comportamiento futuro de esas acciones, sino analizar la influencia del pasado en el comportamiento del mercado ante una determinada circunstancia, en este caso, unas elecciones. Antes de abordar este caso práctico razonaremos sucintamente el por qué de la metodología utilizada: los mapas autoorganizativos de Kohonen.

3. MAPAS AUTOORGANIZATIVOS DE KOHONEN.

Entre la tipología de redes neuronales artificiales, las desarrolladas por Teuvo Kohonen se caracterizan por tener una estructura para almacenar el conocimiento parecida a la usada en nuestra memoria.

En particular, este tipo de red coloca la información de entrada en un mapa bidimensional de acuerdo con la similitud entre las propiedades que las definen. Como resultado, obtenemos un mapa de características donde la distancia entre los patrones de entrada es una medida de su afinidad o parecido, y su particular localización en el mapa es representativa de los valores que cada una de las componentes adquiere en el vector que lo representa. Son redes no supervisadas, *off line*, heteroasociativas y son utilizadas principalmente para realizar agrupaciones.

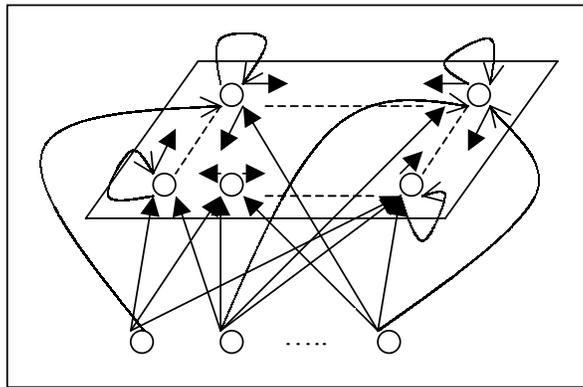


Figura 3.1. Estructura de un mapa de Kohonen.

En la figura 3.1. representamos el esquema de una red neuronal de Kohonen. La capa de entrada recoge los valores de los patrones y mediante los pesos que conectan esta capa con las neuronas del mapa bidimensional, se propaga la información a la capa de salida. Estas neuronas compiten entre sí en función de su valor de salida (en la expresión 3.1 se muestra la salida de la neurona m para el patrón p), hasta que solo una resta activa. Esta neurona se denomina *neurona ganadora* y se convierte en la representante del patrón de entrada. La

competición se establece siguiendo la expresión 3.2 y los pesos se modifican de acuerdo con la expresión 3.3,

$$y_{pm}(t+1) = f\left(\sum_{i=1}^N w_{ki} \cdot x_{pi} + \sum_{k=1}^M q_{kj} \cdot y_{pk}(t)\right) \quad (3.1)$$

$$\min \|X_p - W_k\| = \min \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_{pi} - w_{pi})^2} \quad (3.2)$$

$$w_{ki}(t+1) = w_{ki}(t) + \alpha(t) [x_{pi} - w_{k^*i}(t)] \quad \forall k \in V_{k^*}(t) \quad (3.3)$$

donde f es la función de transferencia, w_{ki} son los pesos desde la neurona k (perteneciente a la capa de salida o mapa de características con M unidades) a la neurona i (una de las N neuronas de la capa de entrada), x_{pi} es la i -ésima componente del patrón p , y_{pk} es la salida de la neurona k para el patrón p , q_{kj} es la interacción entre las neuronas k y j , ambas de la capa de salida, $\alpha(t)$ es el coeficiente de aprendizaje, k^* es la neurona ganadora con peso $w_{k^*i}(t)$ hasta la neurona i y $V_{k^*}(t)$ es la zona de vecindad de la neurona k^* en el instante t .

Al igual que en otras redes neuronales artificiales, la memoria del sistema se almacena en la matriz de pesos. Hemos optado por esta red en particular para analizar la memoria colectiva por su capacidad para organizar automáticamente (*aprendizaje no supervisado*) un conjunto de patrones en un espacio bidimensional, de la misma manera que actúa nuestro cerebro para almacenar los recuerdos. Cuanto más cercanos estén dos patrones en el mapa de Kohonen, más similares serán las características que los definen, y en consecuencia, más parecidos serán los efectos producidos por la memoria colectiva sobre ellos. A medida que transcurre el tiempo y un patrón modifica su

comportamiento, la evolución queda reflejada en la trayectoria que va trazando sobre el mapa. Como ejemplo, en el siguiente apartado analizamos los efectos que las elecciones generales de las cuatro últimas legislaturas españolas han tenido en la evolución de algunos activos del índice Ibex-35.

4. MEMORIA COLECTIVA EN EL MERCADO BURSÁTIL ESPAÑOL: ELECCIONES GENERALES E IBEX-35.

La celebración de elecciones generales es un fenómeno que afecta a la evolución a corto plazo de un activo financiero. Los días previos a los comicios, los participantes del mercado están expectantes acerca de los posibles resultados, dado que éstos pueden alterar o bien dejar intactas las políticas económicas que rigen el país. Una vez conocidos los resultados, los agentes reaccionan y sus decisiones se transforman en modificaciones en los precios de los activos. Ante este hecho, nos podemos preguntar si existe algún patrón de comportamiento establecido o, dicho en otras palabras, si hay alguna información en la memoria colectiva de los mercados financieros que influya en las reacciones de los participantes ante la celebración de unas elecciones.

En nuestro ejemplo, hemos analizado la influencia de las elecciones generales en un subconjunto del mercado continuo español, el compuesto por los activos que han formado parte del Ibex-35 durante las últimas 4 legislaturas. Aceptando fusiones y cambios de denominación, tenemos que considerar 17 entidades: Abertis Infraestructuras (ABE), Acerinox (ACX), Altadis (ALT), Acciona (ANA), Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA), Bankinter (BKT), Endesa (ELE), Fomento de Construcciones y Contratas (FCC), Gas Natural (GAS), Iberdrola (IBE), Corporación Mapfre (MAP), Banco Popular Español (POP), Repsol YPF (REP), Banco Santander Central Hispano

(SAN), Sacyr Vallehermoso (VAL), Telefónica (TEF) y Unión Fenosa (UNF). Entre paréntesis indicamos su acrónimo o referencia, que será usado junto a las terminaciones 93, 96, 00 y 04 para denominar a los 68 patrones que recogen la evolución posterior de los 17 activos de estas entidades después de las elecciones generales del 6 de Junio de 1993, 3 de Marzo de 1996, 12 de Mayo de 2000 y 14 de Marzo de 2004.

MAP04 POP04	BBVA04 BKT04 SAN04	FCC04 TEF04 UNF04	POP96 ELE04	ACE96 ELE96 SYV96	ANA96 FCC96 SAN96
ACX04 SYV04	IBE04	REP96	BBVA96	GAS96	BKT96 IBE96 UNF96
ABE04 ANA04	REP04	MAP93 TEF96	ACX96 MAP96	ALT96	2
ELE93	UNF93 GAS04	1			SYV93 ANA93
REP93 SAN93 ALT93 TEF93	BBVA93	ALT04	ANA00 BBVA00	BKT00 REP00	GAS00
ACX93 IBE93 UNF00	3	SAN00	4	5	ACE00 FCC00 MAPO0 TEF00
ACE93 BKT93 POP93		GAS93 ELE00	ACX00 ALT00 IBE00	FCC93	POP00 SYV00

Figura 4.1. Mapa de Kohonen – Efecto elecciones generales.

Cada uno de los 68 patrones (17 activos por 4 periodos electorales) se ha resumido en un vector de 12 componentes. Las seis primeras corresponden a la rentabilidad diaria al cierre de los días laborables posteriores al día de las elecciones; las 3 siguientes evalúan el rango diario relativo (valor máximo menos valor mínimo, dividido por el valor mínimo) de los 3 días consecutivos a los de la celebración, y las 3

últimas componentes expresan la variación relativa del volumen negociado del activo en los mismos tres días.

Después de la fase de entrenamiento¹, obtenemos la distribución de patrones que se muestra en la figura 4.1. La agrupación en 5 conjuntos es la propuesta por la misma red, resultante de un proceso de minimización del número de grupos y de la distancia entre los elementos pertenecientes a cada uno de ellos. Exceptuando algún caso particular (Mapfre y Unión Fenosa en 1993 y Altadis en 2004), podemos observar dos hechos relevantes:

- Los grupos 1 y 2 resumen la evolución de los activos del Ibex-35 después de las elecciones que tuvieron lugar en 1996 y 2004, mientras los grupos 3, 4 y 5 hacen lo propio para 1993 y 2000.
- Los patrones que corresponden a 1996 y 2004 ocupan el área superior del mapa de características; 1996 está ubicado en la esquina derecha mientras 2004 tiene mayor presencia en el lado izquierdo. Por otra parte, los patrones correspondientes a 1993 y 2000 están situados en el área inferior del mapa, ocupando la zona izquierda y centro-derecha, respectivamente.

En aras a obtener una interpretación financiera de estas agrupaciones, podemos mencionar que la categorización realizada por el mapa de Kohonen de estos 4 momentos electorales en dos grupos (1993 – 2000, y 1996 – 2004), usando la información de las 12 variables definidas anteriormente, está relacionada con otra agrupación de naturaleza política: en 1993 y 2000 el partido que gobernaba hasta entonces ganó

¹ Para obtener el mapa de Kohonen hemos utilizado la *toolbox* SOM para Matlab disponible en la página web del grupo de investigación de Teuvo Kohonen. (<http://websom.hut.fi/websom/>)

las elecciones, y en consecuencia el mercado descontó un periodo de continuidad, mientras en 1996 y 2004 hubo un cambio en el Gobierno.

Para explicar por qué cada grupo de patrones está ubicado en un área específica del mapa de características, precisamos conocer el comportamiento de cada una de las 12 componentes que definen el patrón en las diferentes zonas. Esta información puede obtenerse de la figura 4.2., donde el gris oscuro indica valores elevados para la variable y a medida que el color se vuelve más claro, debemos interpretarlo como menores valores de la variable en esa zona, dejando en blanco aquellas celdas que presentan mínimos para cada componente.

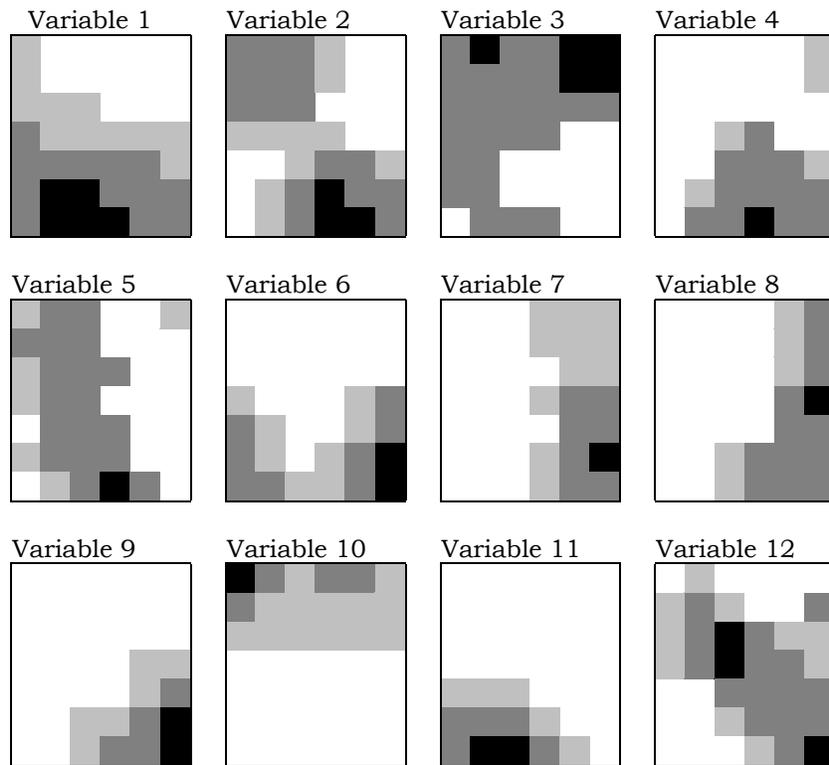


Figura 4.2. Intensidad de los componentes en el mapa.

Así, por ejemplo, vemos que la variable 1 (rentabilidad diaria el día siguiente a las elecciones) tomó un valor elevado en la zona inferior del mapa (años de continuidad) mientras que la rentabilidad estuvo por debajo de la media (en este caso, fueron incluso negativas) en los años de cambio. Analizando la variable 2, el mapa de Kohonen indica que en 2004 la rentabilidad ascendió, en términos generales, dos días después de las elecciones, pero en 1996 sucedió lo contrario, y la caída continuó (los patrones de ese año se encuentran en la zona blanca del mapa). El mapa de la tercera variable, la correspondiente a la rentabilidad a los tres días posteriores a las elecciones, nos indica que la rentabilidad transcurrido ese periodo fue positiva únicamente para los activos considerados en los años 1996 y 2004. A partir de la ubicación de los patrones en el mapa de la décima variable se extrae que, en el primer día en el que se conocieron los resultados electorales, se produjo un aumento en el volumen negociado de las acciones mayor en los años de cambio, 1996 y 2004, que en los años de continuidad, 1993 y 2000. Podríamos seguir este análisis con el resto de las variables.

5. CONCLUSIONES

Hay diferentes tipos de memoria en los mercados financieros. La relación de dependencia entre las observaciones de una serie temporal y la repetición de patrones, propia del análisis técnico, no bastan siempre para explicar algunos de los fenómenos que resultan del proceso de aprendizaje de los agentes económicos debido a la experiencia pasada. De ella se obtiene el conjunto de reglas, información y conocimiento, que conforma lo que hemos denominado la memoria colectiva de un mercado financiero, permitiendo su estudio mejorar en ciertos casos las predicciones y explicaciones financieras.

Con tal fin, la metodología propuesta está basada en el empleo de los mapas autoorganizativos de Kohonen. Su uso para analizar el comportamiento de ciertos activos del índice Ibex-35 inmediatamente después de unas elecciones generales ha puesto de relieve dos hechos significativos. Por un lado, la diferente reacción de un mercado ante un resultado continuista o cambiante respecto al partido que gobierna el país; resultado que puede deducirse de la agrupación de los patrones correspondientes a los activos en estas dos situaciones en grupos o zonas diferenciadas en la red de Kohonen. En nuestro ejemplo, la evolución a muy corto plazo de los activos después de las elecciones de los años 1993 y 2000 ocupan la zona inferior del mapa, copando los patrones de los años de cambio de gobierno, 1996 y 2004, el área superior del mismo. Por otro lado, se observa la modificación de ciertos comportamientos dentro de estos grupos como consecuencia de resultados electorales previos, es decir, del aprendizaje de experiencias pasadas. Así, dentro de la distinción entre años de cambio y continuistas, se produce una segunda agrupación en función del año electoral considerado, dado que en los años 2000 y 2004 existía ya una referencia previa de las acciones y políticas llevadas a cambio por los diferentes partidos que accedieron al poder. Este hecho se pone de relieve en el mapa en una concentración por separado de los activos correspondientes a cada período electoral.

REFERENCIAS.

- [1] Galbraith, J. K. (1990): *A Short History of Financial Euphoria*. Penguin Books.
- [2] Granger, C.W.J. y Ding, Z (1996): "Varieties of Long Memory Models" en *Journal of Econometrics*, 73, p. 61-77.

- [3] Halbwachs, M. (1925): *Les cadres sociaux de la mémoire*. Paris: Alcon.
- [4] Halbwachs, M. (1947): "La Mémoire Collective et le Temps", en *Cahiers Internationaux de Sociologie*, vol. 2, p. 3- 30.
- [5] Halbwachs, M. (1950) : *La mémoire collective*. Paris: Les Presses universitaires de France.
- [6] Hosking, J. (1981): "Fractional differencing" en *Biometrika*, 68, p. 165-176.
- [7] Hurst, H. E. (1951): "Long-term storage of reservoirs", en *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 116, p.770-808.
- [8] Kohonen, T. (1989): *Self-Organization and Associative Memory*. Springer-Verlag.
- [9] Martin-del-Brio, B. y Serrano-Cinca, C. (1995): "Self-organizing Neural Networks: The Financial State of Spanish Companies" en Refenes, A.P. (coord.): *Neural Networks in the Capital Markets*.
- [10] Murphy, J. J. (1999): *Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*. Prentice Hall Press.
- [11] Prat, G. (1999): Comentarios a "La mémoire longue en économie: discussion et commentaires" en *Journal de la Société Française de Statistique*, 140, 2, p. 5-48.
- [12] Shiller, R. J. (1989): *Market Volatility*. Cambridge (Massachussetts); London: The MIT Press. p. 464.

- [13] Sorrosal, M.T. y Ramírez, D. (2003): “Memoria y redes neuronales artificiales en los mercados financieros”, en *Proceedings of the 10th SIGEF Congress*, vol. 2, p. 145-158.

ANEXO

La implementación de un mapa de Kohonen como el utilizado en este trabajo requiere de los siguientes pasos:

1°. La información de entrada $X_p = (x_{1p}, x_{2p}, \dots, x_{Np})$ es recogida por las N neuronas de la capa de entrada y se propaga hacia la capa de salida, o mapa de características, multiplicando el valor de cada componente del vector X_p por la conexión de peso w_{ki} entre la neurona de entrada i y la de salida k , inicialmente aleatorios. En nuestro ejemplo, los patrones están formados por características que describen la evolución de los activos financieros listados en el artículo. Si denominamos M_t , m_t , P_t i Vol_t a la cotización máxima, mínima, al cierre y volumen de negociación del activo el último día hábil anterior a la celebración de las elecciones, respectivamente, las variables utilizadas son:

- $(P_{t+i} - P_{t+i-1})/P_{t+i-1}$, con $i=1, 2, \dots, 6$
- $(M_{t+i} - m_{t+i})/m_{t+i}$, con $i=1, 2, 3$
- $(Vol_{t+i} - Vol_t)/Vol_t$, con $i=1, 2, 3$

Nota: Las componentes de los 68 patrones (las 17 entidades utilizadas en los 4 momentos electorales) se han normalizado dentro del intervalo $[-1, 1]$.

2°. Las neuronas de la capa de salida emiten una señal de salida obtenida a partir de la expresión (3.1). La función f de transferencia admite diferentes alternativas, entre las más utilizadas se encuentra la lineal y la sigmoideal, optando nosotros por la primera de ellas. La interacción entre neuronas se asume que tiene la forma de la función gaussiana.

3°. Se determina la neurona ganadora, siendo aquella que cumple la condición (3.2), es decir, la que presenta una menor distancia euclídea entre el patrón de entrada y los pesos que le están asociados.

4°. Se modifican los pesos de la neurona ganadora (k^*) y de las neuronas que están en su zona de vecindad según la expresión (3.3). La zona de vecindad puede ser de cualquier forma siempre que esté centrada en la neurona k^* y dibuje en torno a ella un polígono regular. En el mapa que hemos utilizado hemos escogido una zona de vecindad hexagonal, que disminuye en función del número de iteraciones. El coeficiente de aprendizaje $\alpha(t)$ también disminuye con el número de iteraciones, $1/t$.