

# VENTANAS DE NO-LINEALIDAD EN EL RETORNO DE PRECIOS DE ACCIONES, LUEGO DE APLICADA LAS IFRS

## EPISODIC NONLINEARITY IN THE RETURN OF SHARE PRICES, AFTER OF THE APPLICATION OF IFRS

Elmo Moreno González<sup>1</sup> , Karina Chandía<sup>2</sup>

### RESUMEN

Este artículo estudia la existencia de no linealidad en los retornos de las acciones en el mercado europeo durante el año de aplicación por primera vez de la normativa internacional y en los años de su vecindad, es decir, el año 2004 y 2006, para un grupo de 19 empresas que tienen sus casas matrices en Europa y que transan en las principales bolsas del mundo. Para llevar a cabo el trabajo se aplicó el test de bicorrelación portmanteau de Hinich y Patterson, el cual hace un análisis en pequeñas ventanas de tiempo independientes, la que permitió detectar evidencias de no-linealidad en once ocasiones en el año 2005 (año de aplicación de las IFRS) y catorce encontradas en el año 2004 y 2006.

**Palabras claves:** : No linealidad, mercado accionario europeo, IFRS.

### ABSTRACT

This paper studies the existence of nonlinearity in stock returns in the European market during the first year of the application of international financial reporting standards (2005) and its neighborhood years (2004 and 2006). The data are a group of 19 European companies that traded in important stock markets of the world. To carry out this study, we applied bicorrelation portmanteau test of Hinich and Patterson. The results show eleven windows of nonlinearity in 2005 and fourteen in 2004 and 2006.

**Keywords:** Nonlinearity, European stock markets, IFRS.

---

<sup>1</sup> Departamento de Control de Gestión y Sistemas de Información. Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile. Líneas de investigación: Contabilidad Internacional IFRS, Gestión del Conocimiento, emorenog@fen.uchile.cl.

<sup>2</sup> Departamento de Control de Gestión y Sistemas de Información. Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile. Líneas de investigación: Contabilidad Internacional IFRS, Contabilidad Financiera, kchandia@fen.uchile.cl .

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde que aparece el estudio de Hinich y Patterson en 1995 y Hinich 1996, en cuanto a la búsqueda de la no-linealidad en las series de tiempo financieras, ha habido un creciente número de estudios en mercados de capitales desarrollados y otros en desarrollo. En el presente trabajo se mencionan ejemplos de estudios realizados en Estados Unidos, Asia, Europa y Latinoamérica<sup>3</sup>, que permiten constatar la evidencia encontrada en esos mercados, cuando se aplica el test de Hinich.

Cabe señalar que estos estudios se han hecho en mercados locales, siendo independientes entre sí y buscan identificar el comportamiento de sus retornos, quedando en evidencia un comportamiento no-lineal. Al ser estudios locales, la evidencia de no-linealidad podría ser más clara comparativamente con un mercado más globalizado, sobre industrias altamente competitivas y con participantes altamente sofisticados, ya que los mercados más globalizados tienden a ser más eficientes.

De esta forma, tomando como base el mercado europeo, se plantea la hipótesis de este estudio; la existencia de un comportamiento de camino aleatorio en los retornos de las acciones cuando se aplican las IFRS en el año 2005 de 19 empresas que tienen sus casas matrices en Europa y que transan sus acciones en las principales bolsas del mundo. Para esto se realiza un estudio de tipo investigativo y retrospectivo, en cuanto a la recolección de datos históricos de precios, con un diseño no experimental al no haber alteración de variables en el estudio, sino que se busca definir un comportamiento de lo ocurrido a través del tiempo que incluía obviamente el año 2005 (año de aplicación de las IFRS en Europa), en todas series de retornos (muestras), de cada una de las 19 empresas europeas.

Para verificar la existencia de algún tipo de dependencia, se aplicaron tres test, cada uno con su relevancia en la detección de dependencia; primero el test BDS (Brock, Dechert y Acheinkman 1996), que permitió encontrar dependencias en las series, las que pueden ser lineales o no lineales; segundo el test ARCH Engle LM (1982), que permite ir a una análisis más específico de las series completas, ya que

su aplicación permitió evidenciar la existencia de dependencias específicamente no-lineales; finalmente y dado que se podría haber dejado de lado otras dependencias no-lineales, se aplicó el test de bicorrelación portmanteau de Hinich y Patterson, el cual hace un análisis en pequeñas ventanas de tiempo independientes, la que permitió detectar evidencias de no-linealidad en once ocasiones en el año 2005 (año de aplicación de las IFRS) y catorce encontradas en el año 2004 y 2006, que son considerados años de la vecindad del año de la aplicación de las IFRS en Europa.

Con la evidencia de no-linealidad, se rechazó la hipótesis del comportamiento aleatorio (caminata aleatoria, Random Walk), en los retornos accionarios en 25 ocasiones entre los años 2004, 2005 y 2006, lo que hace rechazar a su vez la H.M.E.

Considerando que las evidencias de no-linealidad encontradas son relativamente menores respecto a estudios anteriores, esto hace pensar que el funcionamiento sofisticado de los participantes de estos mercados ayuda a que la eficiencia de mercado se desarrolle de mejor forma. Por otro lado, las evidencias encontradas aparecen en forma esporádica, con períodos largos (extensos de tiempo) en que sí se cumple el camino aleatorio, con lo cual se hace igual difícil utilizar, y menos predecir, eventos de no-linealidad, pese a encontrarse once ventanas de no linealidad el año 2005.

Este trabajo tiene la siguiente estructura: No Linealidad en series de tiempo financieras es presentada en la Sección 2. La Sección 3 presenta una descripción de los datos. En la Sección 4 se expone la metodología del Estudio. La Sección 5 entrega los resultados empíricos. En la sección 6 las conclusiones y líneas de investigaciones futura, finalmente en la Sección 7, se indica la Bibliografía.

## 2. NO-LINEALIDAD EN SERIES DE TIEMPO FINANCIERAS

### 2.1 Introducción al estudio de las series de tiempo

Si bien el análisis de series de tiempo financieras pudiese parecer una rama de la estadística relativamente abstracta, en el

<sup>3</sup> Algunos de estos estudios están enunciados en la siguiente sección.

mundo actual desempeña un papel crucial en la estabilidad y el crecimiento de la economía mundial. De hecho, los mismos estudios econométricos han dado lugar a que estos aspectos teóricos se traduzcan en investigaciones empíricas, que en los últimos años y gracias a los avances computacionales, se han convertido en el enfoque principal de las investigaciones financieras. Es por esto que la economía financiera se ha vuelto una de las disciplinas con mayor inclinación al enfoque empírico de entre las distintas ramas de la economía, otorgando un importante lugar a la incertidumbre sobre la cual se basan este tipo de modelos.

Es importante analizar los estudios de algunos precursores en este tema. Tal es el caso de Working<sup>4</sup>, quien, desde 1934 observó que, los cambios en los precios de las acciones y de algunos otros activos financieros eran totalmente aleatorios. Posteriormente, Cowles<sup>5</sup> (1933 y 1944) analizó la posibilidad de que analistas del mercado y asesores financieros pudiesen predecir cambios futuros en precios de acciones, encontrando de manera acertada, poca evidencia de que ello sea posible. Finalmente, Cowles y Jones<sup>6</sup>, en 1937, con mejores bases estadísticas, encontraron evidencia de correlación positiva entre cambios en los precios, pero Cowles (1960) descubrió, que probablemente se produjo dado a que se tomaron promedios mensuales de precios diarios o semanales antes de incluir los cambios.

La predicción en el cambio de precios se ha vuelto, desde entonces, un tema de gran importancia en el estudio de las finanzas. Sin embargo, muy pocas cosas se publicaron hasta que Kendall<sup>7</sup>, en 1953, realizó algunos estudios en los que encontró que los cambios semanales en precios en una gran variedad de series financieras, no podrían ser pronosticados, ya

sea por cambios pasados en las mismas series o por cambios pasados en otras series de precios. Esto pudo haber sido el primer reporte explícito de las propiedades de precios financieros, cuyo estudio daría lugar posteriormente a la propiedad denominada "Eficiencia de Mercado"<sup>8</sup>. Sin embargo, trabajos posteriores de Roberts<sup>9</sup> (1959) y de Osborne<sup>10</sup> (1959), presentaron un amplio análisis que desarrolló la proposición de que no son los precios en valor absoluto sino los cambios logarítmicos en los precios los que son independientes entre sí, lo cual se basa en el supuesto auxiliar de que estos cambios presentan una distribución normal. Esta situación constituyó una buena base para que nuevos artículos aparecieran en los siguientes años, investigando la hipótesis de que cambios en los precios, o mejor dicho en la diferencia logarítmica de los precios, son independientes. Dicha hipótesis se convirtió posteriormente en el supuesto de caminata aleatoria (que implica que los cambios en los precios son generados por la acumulación de cambios aleatorios puros).

Sorprendentemente, mucho del trabajo que hasta hoy prevalece, fue anticipado por el matemático francés Louis Bachelier<sup>11</sup> (1900). Importantes estudios teóricos en el análisis de Series de Tiempo Financieras se remontan a su obra. De hecho, las bases para el análisis actual de precios de series financieras y sus características fueron establecidas originalmente por él. Si bien en un inicio, la mayoría de los lectores no entendieron la importancia de las conclusiones a las que éste llegaba, su análisis tiene fundamentos que inclusive hoy son vigentes. Fue Bachelier quien intentó, a través de las herramientas de la estadística clásica, la modelación de series de tiempo utilizando modelos estocásticos<sup>12</sup>, los cuales permiten describir, de manera ordenada, el comportamiento de una variable aleatoria.

4 Holbrook Working (1895-1985): Profesor de economía y estadística del Stanford University's Food Research Institute. Sus primeros trabajos fueron en el estudio de la demanda. Su mirada estaba puesta en la vista abstracta entre dos mercados, el precio actual y precios de contratos futuros. Trabajó junto a su hermano Elmer Joseph Working.

5 Alfred Cowles (1891-1984): Sus estudios de datos del mercado accionario (1933), proporciona una demostración temprana del "camino aleatorio o caminata aleatoria" en los movimientos de precio de acción y el principio de la "Hipótesis del Mercado Eficiente"<sup>6</sup>. En una de las primeras comisiones de proyecto que realizó, se adjudicó el desarrollo y análisis de la publicación mensual y anual del índice de mercado accionario (1938).

6 Herbert E. Jones (1904 - 1942), que trabajó con Cowles, es un graduado de la Universidad de Stanford, Estados Unidos con Grado en Ingeniería, 1928. Escribió varios papers en los temas estadísticos y económicos.

7 Maurice G. Kendall (1907 - 1983): Matemático británico, inicia sus estudios en la generación de números aleatorios. Trabaja en la escuela de Economía de Londres, Reino Unido. Conocido por su edición de un trabajo de dos ediciones en Orígenes de la Estadística en el Reino Unido a mediados de los 70'.

8 Eficiencia de Mercado, es cuando los precios reflejan en forma total la información disponible.

9 Donald M. Roberts: profesor en la Escuela de Negocios de la Universidad de Illinois, Estados Unidos; es Ph.D en economía, su investigación ha estado enfocada al mejor uso de datos para la mejora de procesos.

10 Martin J. Osborne: Ph.D en economía, es profesor y trabaja en el Departamento de Economía de la Universidad de Toronto, Toronto, Canadá; su investigación está orientada hacia la teoría de juegos y sus aplicaciones.

11 Louis Bachelier: En su publicación de 1900 escrita en París, *Theorie de la Speculation* (y en sus trabajos subsiguientes, 1906, 1913), él se anticipó mucho de lo que sería la teoría financiera: el camino aleatorio de los precios del mercado financiero. Sus innovaciones, sin embargo, no se apreciaron por sus profesores ni sus contemporáneos. Después de una serie de publicaciones menores, terminó enseñando en forma reservada el resto de su vida. Virtualmente nada más se conoció de este pionero, su trabajo se ignoró hasta los años sesenta.

12 Modelo o modelación estocástica: "estocástico" significa ser o contener una variable aleatoria. Entonces el modelo estocástico es modelar una proyección de algo simple o con múltiples variables, las que pueden dar una certera estimación, con la utilización de variables aleatorias.

Es importante mencionar que con el tiempo gran parte de la obra de Bachelier fue desarrollada y explicada por otros investigadores de las finanzas. Tal es el caso de Markov<sup>13</sup>, quien a través del concepto de esperanza condicional respecto a una variable aleatoria arbitraria ayudó a explicar conceptos que Bachelier en su momento había descubierto. Bachelier desarrolló, en su tesis doctoral, una elaborada teoría matemática de especulación de precios, que más tarde probó en la formación de precios de bonos gubernamentales del gobierno francés, encontrando que dicha teoría era consistente con el proceso de caminata aleatoria<sup>14</sup>.

Es evidente que la predicción de retornos futuros de activos financieros, tales como acciones o tipos de cambio, ha sido y es de mucho interés para la teoría financiera. Más aún, hoy en día es importante para cualquier participante de inversiones bursátiles. Esto justifica la aseveración de que el análisis de series de tiempo financieras y la predicción de ésta, representa un rol crucial para la estabilidad y crecimiento de la economía mundial.

## 2.2 Series de tiempo como modelos estacionarios

No existe un modelo verdadero para cada mercado o activo financiero, recordemos que un modelo es una representación simplificada de la realidad, por lo que hay que estar conscientes de que un modelo necesariamente conlleva a errores de especificación.

Existen hechos reportados en la literatura empírica en finanzas que deben interpretarse con cuidado ya que, considerando lo anterior, están basados en modelos imperfectos que están influenciados por la metodología adoptada.

Una tarea primordial del economista financiero, es erradicar los errores de especificación o al menos disminuirlos y mantenerlos bajo control. Para lo anterior, las herramientas básicas son el diagnóstico gráfico

y las pruebas estadísticas para contrastar hipótesis, es decir aplicando test de hipótesis<sup>15</sup>.

Una serie de tiempo es estacionaria en el sentido estricto, si su estructura no cambia en el tiempo, es decir, si sus propiedades probabilísticas no dependen del tiempo en que se toman las medidas, por lo que la distribución conjunta no varía.

Un proceso será estacionario en el sentido amplio, cuando la esperanza matemática (promedio) y la varianza del proceso, son constantes a lo largo del tiempo y las covarianzas sólo dependen del número de periodos de separación. Las condiciones para que sea estacionario en sentido amplio son:

1. La esperanza matemática permanece constante a lo largo del tiempo.
2. La varianza es finita y constante para cualquier periodo de tiempo.
3. Las autocovarianzas<sup>16</sup> entre dos periodos de tiempo  $t$  y  $t+r$  dependen exclusivamente del número de periodos de tiempo que los separan, donde  $r$  es el número de periodos de separación.

En este caso las condiciones son menos restrictivas, ya que en un proceso estacionario en sentido estricto se exigen condiciones sobre toda la distribución, mientras que en este caso (estacionalidad débil), sólo se exigen sobre el momento de orden uno y dos.

El objetivo entonces, es describir el proceso teórico en forma de un modelo que tenga propiedades similares al proceso real. Lo anterior nos lleva a describir las series de tiempo con modelos lineales.

En el caso de series de tiempo financieras, nos referimos a precios de activos que, por lo general, son no estacionarios. Para resolver lo anterior podemos transformar los precios con el logaritmo natural y obtener diferencias. El resultado es la tasa de rendimiento continua por periodo.

13 Andrey A. Markov (1856-1922): Matemático ruso, mayormente conocido por su trabajo en la teoría del proceso estocástico. Su investigación después se conoció como la Cadena de Markov.

Cadena de Markov, es una serie de eventos, en la cual la probabilidad de que ocurra algún evento depende del evento inmediatamente anterior. En efecto, las cadenas de este tipo tienen memoria, es decir, "Recuerdan" el último evento y éste condiciona las posibilidades de los eventos futuros.

14 Caminata aleatoria (random walk): Es una formalización de la idea intuitiva de hablar de pasos sucesivos a través del tiempo y cada uno de ellos tiene una dirección aleatoria, es decir, la falta absoluta de predicción.

15 Los test de hipótesis son procedimientos de análisis estadístico que permiten decidir sobre el valor de uno o más parámetros de una población. Habitualmente la hipótesis estadística se plantea como hipótesis nula ( $H_0$ ), que suele consistir en la negación de la hipótesis conceptual de la que se partió el estudio.

16 Autocovarianzas: Posible relación existente entre covarianzas.

### 1.1 Evolución hacia el estudio de la No-linealidad

Si las herramientas estadísticas pueden modelar el comportamiento de distintas series financieras en el tiempo con modelos lineales, tales como los autorregresivos (AR), los promedios móviles (MA) o inclusive su combinación (ARMA), se podrá tener una mejor comprensión, con predicciones más acertadas.

Para tener una mejor comprensión de las posibilidades que permite la generalización de dichos modelos a la teoría financiera, supongamos que a través de este análisis encontramos que, a lo largo del tiempo el Dow Jones<sup>17</sup> (principal indicador bursátil de los Estados Unidos), presenta un comportamiento lineal de tipo AR(1)<sup>18</sup> con una pendiente significativa. Es decir, que si en el periodo actual ha obtenido un rendimiento de 1 por ciento diario, dado un coeficiente de la pendiente de 0,21, mañana obtendrá con una alta probabilidad un rendimiento de 0,21 por ciento diario. Esto representa oportunidades de arbitraje<sup>19</sup>, si bien no rompe con la definición de eficiencia dados algunos costos asociados a dicha transacción o a la simplicidad del modelo, sí permite cuestionar con buenos fundamentos algunas incógnitas de la eficiencia del mercado. Es decir, encontrando los parámetros del modelo autorregresivo (o el modelo que mejor se adecue a la serie), se le permitiría al agente financiero modelar observaciones futuras de la serie. Si bien esto no necesariamente implicaría utilidades positivas dadas algunas variables exógenas tales como el riesgo o los costos de transacción, permitiría al inversionista percatarse de dicho comportamiento, con algunas oportunidades de arbitraje, lo cual en ciertas circunstancias dañarían el concepto de la Hipótesis de Mercado Eficiente<sup>20</sup> en su forma Débil<sup>21</sup> de la teoría financiera.

Puede ser el caso que cuando en la serie de tiempo, las observaciones son escasas, el investigador estime de manera exitosa un modelo no-lineal cuando la verdadera relación

entre las variables es lineal. Por ende, el peligro de confundir modelos no-lineales con lineales es factible y para evitar dicho riesgo, existen las pruebas de linealidad. De hecho, en algunas ocasiones inclusive las pruebas de linealidad son apropiadas para especificar modelos no-lineales.

Un gran número de series de tipo financiero o económicas presentan media no constante, así como períodos de estabilidad seguidos de otros de alta volatilidad, entendiéndose por esta última el hecho que la variabilidad de la serie en torno a un valor medio, medida por la varianza, es muy alta en determinados tramos de la muestra, frente a otros períodos en los que, al menos aparentemente, es menor. Entre estas series se encuentran, los agregados monetarios, la tasa de inflación, tipos de cambio, las variaciones porcentuales de los precios de las acciones, entre otros.

Por mucho tiempo se ha supuesto que las series de tiempo financieras se comportan en forma de caminata aleatoria, es decir, de manera estocástica, que va de acuerdo con el supuesto de eficiencia del mercado, con lo que se asume la ausencia completa de dependencias dentro de la serie, ya sean estas lineales o no-lineales.

En econometría financiera, se ha observado que las series de tiempo financieras presentan un comportamiento errático, en el sentido de que observaciones remotas ocurren con gran frecuencia, además de que rendimientos grandes negativos se dan con mayor frecuencia que los rendimientos grandes positivos y estos últimos tienden a ocurrir en periodos de alta volatilidad precedidos por grandes rendimientos negativos.

Lo anterior nos lleva a considerar modelos no-lineales para describir los patrones observados en dichas series financieras.

Existen estudios empíricos<sup>22</sup> sobre la Hipótesis de Mercado Eficiente, con lo que se podría decir que los precios de los activos financieros se comportarían de acuerdo a una caminata aleatoria. Lo anterior significa que los

17 Dow Jones: Índice bursátil de la Bolsa New York Stock Exchange de New York, Estados Unidos.

18 AR(1): Comportamiento autorregresivo, al que se le encuentra una auto correlación de 1 (un) periodo, es decir, el rendimiento de ahora, depende de cómo fue el anterior.

19 Arbitraje: En finanzas, es la práctica de obtener ventaja en un estado descompensado entre dos o más mercados. La que se caracteriza por ser efectuada con muy bajos o casi sin riesgo.

20 Hipótesis de Mercado Eficiente (HME): Se define como el comportamiento del mercado donde el precio de un activo refleja toda la información disponible sobre ese activo.

21 Formal Débil de HME: Es la actuación del mercado con la información pública e histórica disponible relacionada al activo.

22 Algunos de estos estudios están enunciados en el presente trabajo.

agentes no pueden diseñar una estrategia de inversión que genere beneficios extraordinarios tomando en cuenta sólo el comportamiento histórico de los precios de los activos. En este caso, la mejor predicción que puede hacerse sobre el precio de un activo es el precio actual, es decir, la esperanza condicional del precio de mañana dado el precio actual, es el precio actual. En este escenario, el único cambio en el precio debería ocurrir como resultado de nueva información.

Es importante modelar la no-linealidad encontrada en los precios de activos para determinar si ésta tiene un elemento determinístico o predecible, lo que se podría traducir en una violación a la Hipótesis de Mercado Eficiente. Avances recientes en las técnicas de modelación no-lineal, han hecho posible probar y modelar procesos no-lineales con un mayor grado de sofisticación. Los modelos más utilizados son los que suponen un comportamiento caótico<sup>23</sup>. Estos modelos caóticos intentan identificar la dinámica no-lineal de manera determinista, lo que implica cierto grado de predicción en el corto plazo. La evidencia empírica de éstos lleva a conclusiones encontradas. Algunos autores sostienen que no hay evidencias de caos, mientras que otros llegan a corroborarla.

## 2.4 Series de Tiempo No-Lineales

Como se ha visto, uno de los temas que han ocupado a los econométricos financieros ha sido el de la eficiencia de mercado, el que propone que un mercado es eficiente si los precios reflejan toda la información disponible con respecto a un conjunto de información. Esto implica que no existen oportunidades de obtener beneficios extraordinarios. Así, podemos definir la eficiencia dependiendo del grado de información disponible: existe eficiencia débil si el conjunto de información sólo incluye la historia de precios; eficiencia semi-fuerte si el conjunto de información incluye toda la información conocida por los

participantes del mercado y eficiencia fuerte si el conjunto de información incluye toda la información conocida por cualquier participante del mercado, más conocida como información privilegiada. El problema de predecir precios futuros está muy relacionado con la eficiencia del mercado.

Es claro, que si se pudieran predecir los precios futuros de tal manera de tener ganancias a causa de ello, el mercado sería ineficiente ya que se podrían generar ganancias extraordinarias.

Los modelos de precios de activos por lo general implican un modelo Martingala<sup>24</sup> Simbólicamente, un proceso estocástico  $X_t$  es martingala,  $E(X_{t+1} | \Omega_t) = X_t$ , con  $\Omega_t$  el conjunto de información en  $t$ . Si  $X_t$  representa el precio de algún activo, el conjunto de información refleja completamente dicho precio, por lo que sería un mercado eficiente.

El modelo anterior puede escribirse como  $X_{t+1} = X_t + \varepsilon_t$  con  $\varepsilon_t$  una diferencia martingala. Al escribirlo de esa manera se parece a una caminata aleatoria, sin embargo, esta última es más restrictiva que la anterior, ya que una diferencia martingala requiere sólo independencia en la esperanza condicional mientras que la caminata aleatoria requiere ruido blanco<sup>25</sup>.

Las series de tiempo financieras, a menudo parecen aproximarse bien a una caminata aleatoria. Pero podría ser que  $\varepsilon_t$  no sea estacionaria y que pudiera existir dependencia. La posibilidad de esta forma de dependencia en las series de tiempo financieras, que a menudo se prolonga a periodos espaciados de turbulencia (Mills<sup>26</sup>), lleva a la consideración de modelos no-lineales capaces de modelar tal volatilidad. En los análisis de series de tiempo no-lineales, se suponen a las perturbaciones Independientes e Idénticamente Distribuidas (IID)<sup>27</sup>, pero se busca una posible relación no-lineal en dichos errores. La relación puede ser  $X_t = f(\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-k}) + \varepsilon_t g(\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-k})$ , con  $f(\cdot)$  representando la media  $X_t$  y  $g(\cdot)$  de y la varianza.

23 Comportamiento caótico: En la teoría del caos, se asocia a un comportamiento, que en un punto tiene una característica y que en la siguiente dicha característica puede ser similar pero con rangos diferentes, lo que hace variar en forma mayor el comportamiento futuro.

24 Martingala: Proceso que se conoce como un método de apuesta en juegos de azar consistente en multiplicar sucesivamente, en caso de pérdida, una apuesta inicial determinada, en el momento de ganar la apuesta, el proceso se reiniciaría.

25 Ruido blanco: Se le llama al comportamiento de una variable en el tiempo, que se caracteriza por ser de estructura plana, pero más importante, es que no existe relación entre ningún dato.

26 Terence C. Mills: Profesor de Estadística aplicada y Econometría en la Universidad de Loughborough, en el Reino Unido. Habla de la turbulencia en las series de tiempo en "The Econometric Modelling of Financial Time Series" 1999.

27 IID: Implica que cada variable se comporta de la misma forma, pero son absolutamente independientes entre ellas.

El Test de No-linealidad de Mercados Eficientes en su forma Débil: Evidencia en el Mercado de los Bonos del Gobierno del área europea (Alfonso y Teixeira, 1999)<sup>28</sup>.

La Dinámica No-lineal en tiempo real de los índices del mercado accionario: Evidencia en el Reino Unido (UK) (Copeland, 2003), por otra parte, existe Evidencia de No-linealidad en los retornos accionarios diarios: aplicado en el mercado accionario de la bolsa "New York and American Stock Exchange" (NYSE) (Hinich y Patterson, 1985). El Diagnóstico GARCH<sup>29</sup> con Test de Bicorrelación Portmanteau: Aplicación en el Mercado Accionario de Malasia (Lim, Hinich y Liew, 2003) es otra ejemplo de aplicación empírica y también hubo detección de evento No-lineal en el Mercado Accionario de Chile (Bonilla, Romero-Meza y Hinich, 20

empresas europeas que transan en las principales bolsas del mundo, cinco de ellas pertenecen a la industria de energía, nueve a la industria bancaria y las cinco restantes a otras industrias. Estas empresas a su vez, se seleccionaron según importancia relativa dentro de cada uno de sus mercados específicos en que operan. Nuestra fuente de datos fueron los mercados públicos (bolsas de valores), donde estas empresas transan sus acciones.

Los retornos accionarios son obtenidos de los precios de cierre a través de la siguiente expresión: , donde es el retorno de la acción en el período  $t$ , es el precio de cierre en el período  $t$ , y es el precio de cierre en el período  $t-1$ .

La Tabla 1 presenta el total de datos (precios accionarios), considerados desde el primero de enero del año que se indica, de cada una de las empresas analizadas.

### 3 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

En este artículo nosotros analizamos las series de retornos diarios de diecinueve

Tabla N° 1

<b>Empresas (Industria Bancaria)</b>	Desde el año	Nº de datos
BCO BILBAO VIZ ARG (BBVA.MI) - Milán	2001	1.766
INTESA SANPAOLO (ISP.MI) - Milán	2001	1.765
UNICREDITO IT (UC.MI) - Milan	2000	2.039
BANCO SANTANDER CHI (SAN) - nyse	2001	1.712
BNP PARIBAS (BNP.BE) - Berlin	2001	1.746
ROYAL BK SCOTL GR (RYS.SG) - Stuttgart	2000	2.039
BARCLAYS (BCY.SG) - Stittgart	2000	2.028
HSBC HLDG (HSBA.L) - Londres	may-00	1.927
UBS AG (NEW) (UBS)	jun-00	1.841
<b>Empresas (Industria de Energía)</b>		
IBERDROLA (IBE.MC) - Mercado Continuo	2000	2.039
WESTERN ASSET EMERGI (EDF)	2000	1.965
E.ON AG (EOA.DE) - Xetra	2000	2.027
ENDESA (ENA.DU) - Dusseldorf	2000	2.025
SUEZ (SZE.PA) - Paris	2000	2.030
<b>Empresas (Otras Industria)</b>		
AMADEUS	2001	1.726
LINDE	2005	682
MAN AG EXTRA	2004	946
WOLKSWAGEN	2000	1.987
CARREFOUR	2002	1.466

28 Fuente: Social Science Researsh Network biblioteca electrónica, auspiciada por la Escuela de Leyes de Stanford, California, Estados Unidos y por el Instituto de Gobierno Corporativo Europeo ubicado en Londres, Reino Unido; con página Web: [www.ssrn.com](http://www.ssrn.com)

29 GARCH: Modelo de Heteroscedasticidad Generalizada Condicional Autorregresiva. Es la generalización del modelo ARCH (modelo que estudia la dependencia de los residuos más recientes) considerando auto dependencias de más largo plazo, que permite un proceso de mayor memoria, utilizando residuos pasados para estimar le rentabilidad actual.

## 2 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Para la detección de no-linealidad en el retorno del precio de las acciones seleccionadas, tal como se vio en el segundo capítulo en cuanto al estudio de las series de tiempo, se debe considerar como variable relevante el retorno obtenido, el que considerando los precios accionarios de cada una de las 19 empresas (que hacen de muestra de este estudio) y su evolución diaria durante el tiempo que pasó a ser nuestra muestra o “ventana” de retornos, y que consideró en la mayoría de los casos (16), más de 1.700 registros (retornos de precios de acciones), para cada una de las empresas, siempre incluyendo al año 2005 como parte de la muestra.

### 4.1 Determinación de variables

Considerando que los precios varían en forma constante durante el día y que éste tipo de registro es poco relevante, se consideró el precio de cierre diario para cada una de las acciones como precio de referencia, obteniendo dicho dato de los centros públicos de información (principales bolsas de valores donde se transaban), los cuales se seleccionaron considerando la disponibilidad de información fidedigna.

Para llegar a la variable relevante que se ha utilizado en los otros estudios de ventanas de no linealidad hechos, se debe llevar las series de precios, que son no estacionarias, a series estacionarias; transformando los precios con logaritmo natural y calcular su diferencia, entre el precio del día presente y el del día anterior, para así tener como resultado la tasa de rendimiento a lo largo de las series, variable que es necesaria para la aplicación de los diferentes test.

### 4.2 Test aplicables al estudio

En la revisión de los estudios empíricos ya realizados, tienen en común la utilización de tres diferentes tipos de test que evalúan las series de tiempo, en cuanto a su comportamiento autorregresivo y las dependencias; las tres principales herramientas identificadas en los estudios anteriores y utilizadas en este trabajo son:

Test BDS: Correlación integral de series escalares, para determinar la existencia de dependencias en la serie, ya sean lineales o no-lineales.

Test Engle LM: Relación autorregresiva general en series de tiempo, después de liberar la relación de autocorrelación<sup>30</sup> existente, permite encontrar dependencia no-lineal en la serie.

Hinich y Patterson: Test de Bicorrelación Portmanteau de series de tiempo, en ventanas de tiempo. Que permite encontrar no-linealidad en las ventanas, considerando que este test también corrige las autocorrelaciones existentes.

## 5 RESULTADOS EMPÍRICOS

Para el entendimiento del resultado de los test realizados, primero se debe entender que el proceso matemático, estadístico y econométrico realizado, no es parte relevante del análisis de esta investigación, sino que es el resultado (PERIODO), en cuanto al rechazo o no de las hipótesis planteadas en cada test.

Cada test estadístico genera un número que expresado en forma de porcentaje, indica que tan probable es el rechazo de dicha hipótesis, llamado “p-value”. Considerando además que el valor de 0,05 (que equivale a un 5%), es el límite generalmente aceptado en estadística, para empezar a No Rechazar la hipótesis planteada, es decir, que a p-values por sobre este valor, no se rechazaría dicha hipótesis.

En el test BDS y el test Engle LM, el resultado de este valor fue en su mayoría de 0%<sup>31</sup>, es decir, que existió cero o muy cercano a 0% de probabilidad de no rechazar la hipótesis del test o un 97% de probabilidad de ser rechazada. En el caso del test BDS, implica un cero o un bajo porcentaje de probabilidad de que NO exista algún tipo de linealidad o de no-linealidad. En el caso del test Engle LM, implica un cero o muy bajo porcentaje de probabilidad de que NO exista algún tipo de no-linealidad.

Los resultados del test Hinich y Patterson, generan diferentes p-value para cada una de las ventanas evaluadas, consecuente con el concepto del p-value, se encontraron once ventanas significativas<sup>32</sup> el año 2005, para rechazar la hipótesis planteada en las diferentes series, y catorce en los años 2004 y 2006, que son

<sup>30</sup> Autocorrelación, es la relación que puede existir entre datos de la misma serie, pero en tiempos diferentes, que se conoce como AR(p), que son p rezagos entre los datos, es decir que cada retorno depende del que está p periodos atrás.

<sup>31</sup> Para los objetivos de este trabajo no se hace necesario mostrar las tablas para cada una de las 25 ventanas detectadas.

<sup>32</sup> Ventana significativa: es aquella ventana que su p-value fue menor a 5% (0,05)



los años que hacen de vecindad de la aplicación de las IFRS en Europa. Como es más específico en sus resultados (permite detectar la fecha de la ventana), se analizarán estos resultados obtenidos en el análisis de ventanas hecho por el test de bicorrelación portmanteau de Hinich y Patterson.

### Resultados de dependencia No-lineal

Cabe recordar, que antes de verificar la no-linealidad, se quitan las dependencias lineales ajustando un  $AR(p)^{33}$  al retorno de la serie. De

esta manera se asegura que el rechazo de la hipótesis nula es producido sólo a un grado de no-linealidad significativa.

El test de bicorrelación portmanteau se aplica entonces a los residuos del modelo (ajustado con  $AR(p)$ ).

La Tabla N° 2, muestra los resultados para la aplicación el test de bicorrelación portmanteau de Hinich y Patterson a toda la serie de retornos de los precios de las acciones de las 19 empresas analizadas.

Tabla N° 2 (\*)

Empresas (Industria Bancaria)	Desde el año	Nº de datos	¿Se detectó ventana de NL?	Período de la Ventanas de no linealidad	
BCO BILBAO VIZ ARG (BBVA.MI) - Milán	2001	1766	Si	14/3/01 23/5/01 19/12/01 28/5/03 10/9/03 7/4/04 <b>10/8/05</b>	17/4/01 26/6/01 22/1/02 1/7/03 14/10/03 11/5/04 <b>13/9/05</b>
INTESA SANPAOLO (ISP.MI) - Milán	2001	1765	Si	<b>10/8/05</b>	<b>13/9/05</b>
UNICREDITO IT (UC.MI) - Milan	2000	2039	Si	23/3/04 <b>8/3/05</b>	26/4/04 <b>11/4/05</b>
BANCO SANTANDER CHI (SAN) - nyse	2001	1712	Si	18/9/02 16/9/03 25/11/03 9/2/04	22/10/02 20/10/03 31/12/03 15/3/04
BNP PARIBAS (BNP.BE) - Berlin	2001	1746	Si	7/2/01 1/8/01 3/4/02 28/5/03 <b>6/7/05</b> 10/4/07	13/3/01 4/9/01 7/5/02 1/7/03 <b>9/8/05</b> 16/5/07
ROYAL BK SCOTL GR (RYS.SG) - Stuttgart	2000	2039	Si	15/8/06 6/2/07	18/9/06 12/3/07
BARCLAYS (BCY.SG) - Stittgart	2000	2028	Si	13/1/04 23/11/04 15/8/06 28/11/06	16/2/04 27/12/04 18/9/06 4/1/07
HSBC HLDG (HSBA.L) - Londres	may-00	1927	Si	12/3/02 14/9/06	15/4/02 19/10/06
UBS AG (NEW) (UBS)	jun-00	1841	Si	15/10/03 26/12/03	18/11/03 2/2/04

33  $AR(p)$ : grado de autocorrelación o auto regresión, que implica la dependencia del valor actual con el  $p$ -ésimo valor anterior. Cálculo de dependencia que limpia Hinich y Patterson en la aplicación del test.

Empresas (Industria de Energía)					
IBERDROLA (IBE.MC) - Mercado Continuo	2000	2039	Si	1/8/00 25/9/01 24/10/06	4/9/00 29/10/01 27/11/06
WESTERN ASSET EMERGI (EDF)	2000	1965	Si	3/7/00 6/2/01 29/5/02 13/11/06 27/7/07	7/8/00 13/3/01 2/7/02 18/12/06 30/8/07
E.ON AG (EOA.DE) - Xetra	2000	2027	Si	23/5/00 27/6/00 10/9/02 13/1/04 <b>28/12/04</b> <b>4/10/05</b>	26/6/00 31/7/00 14/10/02 16/2/04 <b>31/1/05</b> <b>7/11/05</b>
ENDESA (ENA.DU) - Dusseldorf	2000	2025	Si, En otras fechas	2/7/02 14/2/07 2/5/07	5/8/02 21/3/07 7/6/07
SUEZ (SZE.PA) - Paris	2000	2030	Si	21/8/01 8/1/02 14/9/04 17/1/06	24/9/01 11/2/02 18/10/04 20/2/06

#### Empresas (Otras Industria)

AMADEUS	2001	1726	Si	<b>01/06/05 – 05/07/05</b>
LINDE	2005	682	Si	<b>19/04/05 – 23/05/05</b>
MAN AG EXTRA	2004	946	Si	<b>13/06/05 – 15/07/05</b>
WOLKSWAGEN	2000	1987	Si	<b>21/06/05 – 25/07/05</b>
CARREFOUR	2002	1466	Si	<b>23/12/04 – 26/01/05</b>

(\*) Las ventas relevantes se muestran en color rojo para el año 2005 y color azul para los años 2004 y 2006. El resultado entonces, reafirma la existencia de No-Linealidad en las series evaluadas.

## 6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIONES FUTURAS

En el análisis final se usa el test de bicorrelación portmanteau de Hinich y Patterson para estudiar los eventos de no-linealidad del retorno de 19 empresas de Europa una vez aplicadas las IFRS el año 2005, para comprobar el cumplimiento de la Hipótesis de Mercado

Eficiente (H.M.E.) en su forma débil, que podría cumplirse de mejor forma en estos mercados globales, considerando que son mercados (industrias altamente competitivas), complejos y con participantes altamente sofisticados.

Los resultados de los test BDS y Engle LM son consistentes con los resultados obtenidos en la aplicación del test de Hinich y Patterson,

dándoles una mayor consistencia y credibilidad. Éstos revelan que las dependencias no-lineales de las series de retorno son episódicas en la naturaleza, es decir, toda la serie de retornos accionarios se caracteriza por pocos periodos con reporte de no-linealidad significativa, seguidos por periodo de tiempos largos en que los retornos siguen el camino aleatorio.

La poca cantidad de ventanas significativas, refuerza en cierta forma el hecho de que en mercados más globales donde se transan las acciones de estas empresas, donde se tendería a cumplir de mejor forma la Hipótesis de Mercados Eficientes en su forma débil, llama la atención los resultados obtenidos en año 2005, donde se observan once ventanas de no-linealidad y catorce se encuentran en los años 2004 y 2006 (que hacen de vecindad del año de aplicación de las IFRS en Europa), que al ser comparados con los resultados obtenidos en otros estudios<sup>34</sup>, tienen comparativamente menores eventos de no-linealidad. Si bien dieciocho de las diecinueve series de precios de empresas (muestra), han presentado evidencias de tener algún tipo de dependencia en el año 2005 y su vecindad, lo que ha hecho rechazar la Hipótesis de Mercado Eficiente, podemos ver que, por el pequeño número relativo de ventanas encontradas significativas, el comportamiento de los mercados más globalizados, con precios de acciones de industrias altamente competitivas, con participantes sofisticados, tiende a ser más eficiente en su comportamiento y que las evidencias de no-linealidad al ser esporádicas, con períodos amplios de comportamiento de camino aleatorio, hace difícil hacer algún tipo de proyección que permita aprovechar este tipo de comportamiento no-lineal.

Finalmente, la existencia de hechos que hagan prever comportamientos de dependencia no-lineal, (ejemplo; aplicación de las IFRS en el año 2005), no implica que éstos activos se afecten de manera transversal en sus retornos y por lo tanto, las once ventas detectadas el año 2005, puede ser casi una coincidencia con la aplicación de las IFRS, que hace más incierta la posibilidad de predecir que algún hecho puntual pueda o no afectar la rentabilidad de algún activo financiero.

Si bien es cierto, la Hipótesis de Mercado Eficiente no se cumple en 11 ocasiones el año

2005 y 14 los años 2004 y 2006, a la luz de los resultados obtenidos, también es razonable pensar que la capacidad de predicción de los retornos de las acciones estudiadas es limitada o casi nula, pero que lejos de sólo entender este concepto de eficiencia de mercado, este tipo de estudios permite entender algunas herramientas que pueden ser un aporte a las decisiones de inversión en los diferentes mercados financieros.

Algunas de las líneas naturales de investigación de este trabajo, son; ampliar la muestra de investigación a más empresas de Europa, analizar las variaciones porcentuales en el precio de las acciones, en el patrimonio y en los resultados de las empresas estudiadas y ver si estas ventanas de no linealidad se repiten o concentran en los países o mercados en el año o en la vecindad en que se van aplicando las IFRS, como por ejemplo Chile, con sus retornos accionarios del año 2009, que es la continuación natural de este estudio.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Afonso, António, João Teixeira, 1999 "Non-Linear Tests of Weakly Efficient Markets: Evidence from Government Bond Markets in the Euro Area" *Cadernos do Mercado de Valores Mobiliarios*, Vol. 3, pp. 45-70.

Bonilla, R. Romero-Meza, M.J. Hinich, 2007, "GARCH inadequacy for modeling exchange rates: empirical evidence from Latin America". *Applied Economics* 39 (19) 2529-2533.

Bonilla, Claudio. A., Rafael Romero-Meza y Melvin J. Hinich, 2005, "Nonlinearity in Latin American Stock Market Indices", *Applied Economics Letters*, Vol. 13, pp. 195-199.

Bonilla, C. Maqueira, R. Romero- Meza, 2007, "Nonlinear behavior of emerging market bonds spreads: The Latin American Case". *Applied Economics*.

Cowles, Alfred, 1960, "A revision of previous conclusions regarding stock price behavior", *Econometría*, Vol. 28, 4, 909 - 915.

Hinich, M.J. y D.M. Patterson, 1985, "Evidence of nonlinearity in daily stock returns, New York and American Stock Exchange Market"

34 AR(p): grado de autocorrelación o auto regresión, que implica la dependencia del valor actual con el p-ésimo valor anterior. Cálculo de dependencia que limpia Hinich y Patterson en la aplicación del test.

- American Statistical Association, vol. 3(1), pages 69-77, January.
- Hinich, M.J., 1996, "Testing for Dependence in the input to a Linear Time Series Model" *Journal of Nonparametric Statistics*, Vol. 6, Pag. 205-21.
- Hsieh, D., 1989, "Testing for nonlinear dependence in daily foreign exchange rates", *Journal of Business*, 62, Vol. 3, 339-368.
- Hsieh, D., 1991, "Chaos and Nonlinear Dynamics Application to Financial Markets" *Journal of Finance*, Vol. 46, Pag. 1839-1877.
- Hsieh, D., 1995, "Nonlinear Dynamics in Financial Markets Evidence and Implications" Fuqua School of Business Duke University, <http://www.duke.edu/~dah7/faj1995.pdf>
- Kohers, T., Pandey, V., y Kohers, G., 1997, "Using Nonlinear Dynamics to Test for Market Efficiency among the Major U.S. Stock Exchanges" *Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol 37, Pag. 523-45.
- Kosfeld, R., y Robé, S., 2001, "Testing for Nonlinearities in German Bank Stock Returns" *Empirical Economics*, Vol. 26, Pag. 581-97.
- Lim, K., Hinich, M.J., y Liew, V., 2003, "Episodic Non-linearity and Nonstationarity in ASEAN Exchange Rates Returns Series" *Labuan Bulletin of International Business and Finance*, Vol. 1, Pag. 79-93.
- Lim, K., y Hinich, M.J., 2005, "Cross-temporal Universality of Nonlinear Serial Dependencies Evidence from Asian Stock Indices" *Economics Bulletin*, Vol. 7 (1), Pag. 1-6
- Opong, K., Mulholland G., Fox, A., y Farahmand, K., 1999, "The Behavior of some UK Equity Indices An Application of Hurst and BDS tests" *Journal of Empirical Finance*, Vol. 6, Pag. 267-82.
- Panagiotidis, T., 2005, Market capitalization and efficiency. Does it matter? Evidence from the Athens Stock Exchange. *Applied Financial Economics* 15, 707-713
- Panunzi, F. and Ricci, N., 1993, "Testing Non Linearities in Italian Stock Exchange" *Rivista Internazionale di Scienze Economiche e Commerciali*, Vol. 40, Pag. 559-574.
- Romero-Meza R., Bonilla, C., y Hinich M., 2007, "Nonlinear Event Detection in the Chilean Stock Market" in *Applied Economics Letter* 14, P 987-991.
- Saadi S. y Gandhi D., 2006, "Testing for nonlinearity & Modeling volatility in emerging capital markets: The case of Tunisia", *International Journal of Theoretical and Applied Finance* Vol. 9 N° 7, p. 1021-1050.
- Samuelson P., 1965, "Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly" *Industrial Management Review* 6, p 41-45.
- Scheinkman, J., LeBaron, B., 1989, "Nonlinear Dynamics and Stock Returns" *Journal of Business*, Vol. 62, Pag. 311-37.
- White H., 1990, "Connectionist Nonparametric Regression: Multilayer Feedforward Networks Can Learn Arbitrary Mappings," *Neural Networks*, 3, 535-549.