



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Tesis Doctoral

# **Modelos de optimización en redes de distribución**

Directores:

Dr. José María Caridad y Ocerín

Dr. José Ángel Roldán Casas

Doctoranda:

María de los Baños García-Moreno García

Córdoba, noviembre 2015

TITULO: *MODELOS DE OPTIMIZACIÓN EN REDES DE DISTRIBUCIÓN*

AUTOR: *María de los Baños García Moreno García*

---

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2016  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales**

Departamento de Estadística, Econometría, Investigación Operativa, Organización de Empresas y Economía Aplicada

Tesis Doctoral

**Modelos de optimización en  
redes de distribución**

Directores:

Dr. José María Caridad y Ocerín

Dr. José Ángel Roldán Casas

Doctoranda:

María de los Baños García-Moreno García

Córdoba, noviembre 2015



**TÍTULO DE LA TESIS: MODELOS DE OPTIMIZACIÓN EN REDES DE DISTRIBUCIÓN**

**DOCTORANDO/A: MARÍA DE LOS BAÑOS GARCÍA-MORENO GARCÍA**

**INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTORES/ES DE LA TESIS**

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

Este trabajo surge con la pretensión de analizar la optimización de las redes financieras desde el punto de vista de la eficiencia de los mercados que interactúan en las mismas y de cómo dicha eficiencia se ha podido ver influenciada por la crisis financiera internacional de 2008. Así pues, se plantearon los siguientes objetivos principales: analizar la influencia de la crisis financiera en el cumplimiento de la hipótesis de eficiencia en su forma débil en el mercado financiero español y en algunos de los mercados más representativos de Latinoamérica; proponer un procedimiento estadístico de contrastación de la hipótesis de eficiencia en su forma débil que, diseñado a partir de procedimientos lineales y no lineales, permita analizar el cumplimiento de dicha hipótesis en cualquiera de las formas que establecen los diferentes tipos de paseo aleatorio (1, 2 ó 3). Asimismo, se plantean los siguientes objetivos secundarios: estudiar la evolución y las características de los mercados financieros español y latinoamericanos objeto de análisis; proponer una forma de evaluar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil a partir del procedimiento propuesto para contrastar dicha hipótesis; y analizar el

grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en cada uno de los mercados estudiados.

Se realiza una aportación metodológica consistente en un procedimiento estadístico que, mediante la combinación de métodos lineales y no lineales permite contrastar si una serie de rendimientos financieros sigue un paseo aleatorio y, en su caso, de qué tipo se trata.

Los resultados obtenidos permiten alcanzar los objetivos planteados en torno a las redes financieras analizadas. Asimismo, de las publicaciones a las que ha dado lugar este trabajo destacamos:

García-Moreno M.B.; Roldán Casas, J.A. y Caridad Y Ocerín, J.M. ¿Es eficiente el mercado financiero español? Evidencia empírica 2003-2015. *International Journal of Scientific Management and Tourism*. 4, pp. 177 - 191.

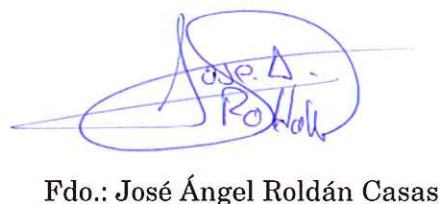
Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 15 de noviembre de 2015

Firma del/de los director/es



Fdo.: José Mª Caridad y Ocerín



Fdo.: José Ángel Roldán Casas

# UNIVERSIDAD DE CORDOBA

**Departamento de Estadística, Econometría, Investigación Operativa, Organización de Empresas y Economía Aplicada**

Tesis doctoral presentada por D<sup>a</sup>. María de los Baños García-Moreno García para optar al grado de Doctor en Ciencias Jurídicas y Empresariales por la Universidad de Córdoba, bajo la dirección de los Profs. Dres. D. José María Caridad y Ocerín y D. José Ángel Roldán Casas.

Firma del doctorando

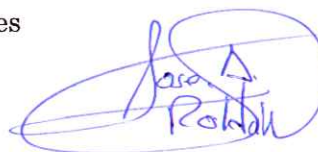


María de los Baños García-Moreno García

Vº Bº de los directores



José María Caridad y Ocerín



José Ángel Roldán Casas

NOVIEMBRE 2015

*A mis padres,  
Ramón y María*





# AGRADECIMIENTOS

---

A mis directores, José María Caridad y Ocerín y José Ángel Roldan Casas. Gracias por la confianza que depositasteis en mí desde el principio, por la generosidad con la que me habeis transmitido vuestra sabiduría, por la motivación y el aliento en los peores momentos, por haber empleado vuestro tiempo en ayudarme para hacer de éste un gran trabajo. Es un privilegio para mí contar con vosotros en esta andadura.

A los compañeros del área de Estadística, Econometría e Investigación Operativa, gracias por el apoyo y cariño con el que me habeis acogido, por tenderme la mano cuando lo he necesitado, por no permitir que decayesen las fuerzas, por tener siempre palabras tranquilizadoras durante este tiempo.

A María José Hidalgo y Esther Bueno, en esto vosotras también habeis tenido mucho que ver. Gracias por compartir conmigo la alegría de cada pequeño avance, por vuestros sabios consejos y por enseñarme a temprar los nervios con vuestra infinita paciencia.

A todos mis amigos, porque sin el apoyo y la ayuda que he recibido en muchos momentos nada de esto habría sido posible. Gracias por no dudar ni un instante que tendríais una amiga Doctora y por haberme acompañado en el camino para conseguirlo. En especial a Ana, Sofía, Joaquín y Rafa, con quienes comenzaron las tardes de estudio de mi etapa pre-doctoral y a María José y Paco, quienes se han implicado al máximo en este proceso desde su regreso a Córdoba.

Gracias a mi familia por apoyarme en lo que decidí que fuese mi futuro profesional, por creer en mí, por las llamadas de ánimo, por la preocupación y por el orgullo que mostráis de mi cada uno de vosotros. Noel, gracias por estar siempre dispuesto a ayudarme y salvar las dificultades en el ultimo momento.

A mis padres y mi hermano, por hacer de mí quien soy, por enseñarme los valores más importantes de la vida, porque me habeis transmitido el espíritu de sacrificio y trabajo para llegar donde uno se proponga con humildad. Mi agradecimiento infinito por vuestro apoyo incondicional en cada una de mis decisiones.

A Pablo, mil gracias por estar a mi lado en todo, por saber llevar la distancia y los sacrificios que este proyecto ha supuesto, por hacerme ver fácil lo difícil, por no dejarme caer con mis agobios y tener siempre la palabra adecuada para tranquilizarme y hacerme sonreír. Esto es parte de nuestra recompensa.

# CONTENIDOS

---

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
-----------------------------	----------

<b>II. Parte 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>15</b>
------------------------------------------------------------------	-----------

<b>Capítulo 1: Precios y rendimientos financieros ..</b>	<b>17</b>
----------------------------------------------------------	-----------

<b>1.1. Concepto de rendimiento financiero .....</b>	<b>17</b>
------------------------------------------------------	-----------

<b>1.2. Hechos estilizados.....</b>	<b>20</b>
-------------------------------------	-----------

<b>Capítulo 2: Concepto de la hipótesis de mercado eficiente.....</b>	<b>25</b>
---------------------------------------------------------------------------	-----------

<b>2.1. Evolución histórica .....</b>	<b>25</b>
---------------------------------------	-----------

<b>2.2. Formas de eficiencia.....</b>	<b>38</b>
---------------------------------------	-----------

<i>a) Eficiencia en forma débil.....</i>	<i>39</i>
------------------------------------------	-----------

<i>b) Eficiencia en forma semi-fuerte .....</i>	<i>39</i>
-------------------------------------------------	-----------

<i>c) Eficiencia en forma fuerte .....</i>	<i>40</i>
--------------------------------------------	-----------

<b>2.3. Anomalías en el mercado financiero.....</b>	<b>40</b>
-----------------------------------------------------	-----------

<b>2.3.1. Anomalías de calendario.....</b>	<b>42</b>
--------------------------------------------	-----------

<i>a) Efecto mes de enero .....</i>	<i>42</i>
-------------------------------------	-----------

b) <i>Efecto cambio de mes</i> .....	43
c) <i>Efecto primer trimestre</i> .....	44
d) <i>Efecto día de la semana</i> .....	45
e) <i>Efecto día festivo</i> .....	46
<b>2.3.2. Anomalías en la valoración de activos</b> .....	<b>47</b>
a) <i>Efecto tamaño</i> .....	48
b) <i>Efecto PER</i> .....	48
c) <i>Efecto book-to-market</i> .....	48
<b>2.3.3. Otras anomalías</b> .....	<b>49</b>
a) <i>Efecto sobrereacción</i> .....	49
b) <i>Efecto infrarreacción</i> .....	50

## **Capítulo 3: Modelización de la hipótesis de mercado eficiente**..... 51

### **3.1. Modelos de paseo aleatorio y martingala** ..... 51

### **3.2. Tipos de paseo aleatorio** ..... 59

    a) *Paseo aleatorio 1*.....60

    b) *Paseo aleatorio 2*..... 61

    c) *Paseo aleatorio 3*..... 62

## **Capítulo 4: Evaluación de la eficiencia de un mercado financiero**..... 67

### **4.1. Métodos para contrastar la eficiencia en forma débil**..... 69

<b>4.1.1. Paseo aleatorio 1 (RW1)</b>	<b>70</b>
a) <i>Test de secuencias y reversas</i>	70
b) <i>Test de rachas</i>	71
c) <i>Tests basados en las autocorrelaciones</i>	73
c.1) Test de Barlett	74
c.2) Procedimiento basado en la metodología Box-Jenkins	76
c.3) Test de Box-Pierce	77
c.4) Test de Ljung-Box	78
c.5) Test ratio-varianza	78
d) <i>Test BDS</i>	81
<b>4.1.2. Paseo aleatorio 2 (RW2)</b>	<b>82</b>
a) <i>Regla de los filtros</i>	82
b) <i>Análisis técnico</i>	84
<b>4.1.3. Paseo aleatorio 3 (RW3)</b>	<b>85</b>
a) <i>Test ratio-varianza</i>	85
b) <i>Test de efectos ARCH</i>	86
<b>4.1.4. Tests de raíz unitaria</b>	<b>89</b>
<b>4.2. Comprobación de la hipótesis de paseo aleatorio</b>	<b>90</b>

<b>Capítulo 5: Estudios empíricos de la hipótesis de eficiencia del mercado</b>	<b>93</b>
a) <i>Forma débil</i>	94
b) <i>Forma semi-fuerte</i>	111
c) <i>Forma fuerte</i>	113

### **III. Parte 2: RESULTADOS DEL ESTUDIO**

<b>EMPÍRICO</b> .....	<b>117</b>
<b>Capítulo 6: Índices bursátiles analizados</b> .....	<b>119</b>
<b>Capítulo 7: Análisis descriptivo</b> .....	<b>135</b>
<b>7.1. IBEX</b> .....	<b>136</b>
<b>7.2. IPSA</b> .....	<b>142</b>
<b>7.3. MEXBOL</b> .....	<b>147</b>
<b>7.4. COLCAP</b> .....	<b>152</b>
<b>7.5. IGBVL</b> .....	<b>157</b>
<b>7.6. IBOV</b> .....	<b>162</b>
<b>7.7. Merval</b> .....	<b>165</b>
<b>7.8. IBVC</b> .....	<b>171</b>
<b>Capítulo 8: Análisis de la hipótesis de eficiencia</b> .....	<b>177</b>
<b>8.1. Análisis individual de cada mercado</b> .....	<b>177</b>
<b>8.1.1. Análisis empírico del IBEX</b> .....	<b>184</b>
<b>8.1.2. Análisis empírico del IPSA</b> .....	<b>194</b>
<b>8.1.3. Análisis empírico del MEXBOL</b> .....	<b>203</b>
<b>8.1.4. Análisis empírico del COLCAP</b> .....	<b>212</b>

8.1.5. Análisis empírico del IGBVL .....	221
8.1.6. Análisis empírico del IBOV .....	229
8.1.7. Análisis empírico del Merval .....	238
8.1.8. Análisis empírico del IBVC .....	247
8.2. Comparación del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia entre los mercados analizados .....	254
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>263</b>
<b>V. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>269</b>
<b>VI. ANEXO DE FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>299</b>
<b>VII. ANEXO DE TABLAS Y FIGURAS.....</b>	<b>315</b>





# INTRODUCCIÓN

---

La hipótesis de eficiencia de los mercados financieros es una aproximación analítica que surge con la pretensión de explicar los movimientos de las cotizaciones de los activos financieros a lo largo del tiempo, y pivota sobre la idea de que los precios de dichos activos vienen determinados por el comportamiento racional de los agentes que interactúan en el mercado. En este sentido, la hipótesis de eficiencia sustenta que los precios de los valores reflejan toda la información accesible a los agentes en el momento en que se determinan, por lo que de cumplirse, no sería posible anticiparse a los cambios de precios y formular estrategias de inversión encaminadas a obtener cuantiosas rentabilidades. En otras palabras, no se podrían hacer predicciones acerca del comportamiento futuro del mercado.

Aunque el origen teórico de la hipótesis de eficiencia se sitúa en 1900 con el trabajo de Bachelier, no es hasta 1965 cuando, por un lado, Samuelson fundamenta teóricamente dicha hipótesis, y por otro, Fama establece por primera vez el concepto de *mercado eficiente*.

El término *hipótesis de mercado eficiente* fue acuñado por Roberts en un trabajo en el que, además, analiza la eficiencia desde un punto de vista informacional, lo cual le lleva a establecer una clasificación para el conjunto de información que distingue tres formas de eficiencia según el acceso creciente al mismo que tengan los agentes: *débil*, *semi-fuerte* y *fuerte*. Así, en la eficiencia débil la información disponible para los agentes es únicamente la que constituye la serie histórica de precios; en la semi-fuerte el conjunto de información incluye toda la información pública disponible para todos los agentes; y en la fuerte el conjunto de información está constituido por la información de las dos formas anteriores y otra de carácter privado que se conoce como información privilegiada.

El interés que tiene la verificación de la hipótesis de eficiencia en un mercado financiero, tanto para los inversores como para las instituciones que intervienen en la regulación de los mercados bursátiles, radica en que proporciona un elemento de juicio que permite evaluar si se están dando o no las condiciones que se requieren para que todos los agentes que actúan en un mercado lo hagan al amparo de lo que se conoce como “juego justo”, esto es, en un escenario donde todos actúen en igualdad de condiciones, de manera que la expectativa de ganar sea igual a la de perder.

Por otro lado, puesto que la globalización del entorno económico y financiero conduce a la internacionalización de las finanzas, resulta evidente que los acontecimientos acaecidos en cualquiera de los principales mercados bursátiles, sean positivos o negativos, se ven reflejados en el resto de mercados a medida que se van abriendo las sesiones de los mismos. Ello ocasiona que los flujos de inversión extranjera sean trasladados de unos mercados a otros en función de

factores como la rentabilidad, el riesgo o la seguridad, entre otros, que ofrezca un determinado mercado o país.

Pues bien, reflejo de lo anterior y de cómo los datos financieros quedan expuestos a mayor grado de inestabilidad cuando se propagan malas noticias provenientes de otros mercados, es lo que ocurrió tras la crisis de las *hipotecas subprimes* que comenzase en Estados Unidos en octubre de 2007. Dicha crisis repercutió rápidamente en el sistema financiero estadounidense trasladándose posteriormente, en concreto a comienzos de 2008, al resto de mercados en los que el desplome bursátil de la mayoría de las bolsas ocasionó una crisis financiera internacional.

Se puede decir pues, que debido a la velocidad con la que pueden producirse las transacciones financieras, así como a la interconexión que tienen unos mercados con otros, los escenarios que se presentan en el mundo de las finanzas son tan cambiantes que, de cumplirse la hipótesis de mercado eficiente en cualquiera de ellos, debería hacerlo únicamente de forma transitoria.

La forma débil de la hipótesis de eficiencia ha sido la protagonista indiscutible de gran parte de los estudios empíricos que se han realizado a lo largo de la historia. Asimismo, la mayoría de las aportaciones teóricas sobre la hipótesis de eficiencia débil la identifican con el hecho de que el modelo de fijación de precios de los activos financieros es el denominado paseo aleatorio (en sus formas 1, 2 ó 3) o el de martingala. Ahora bien, puesto que para obtener hipótesis contrastables derivadas del modelo de martingala es necesario imponer restricciones adicionales sobre las distribuciones de probabilidad subyacentes que conducen a alguna de las versiones de paseo aleatorio, parece lógico asumir como modelo de fijación de precios únicamente alguna de las formas del mismo.

En concreto, los tipos de paseo aleatorio con los que se identifica la hipótesis de eficiencia débil son condiciones que se establecen sobre los rendimientos asociados a los precios de un activo financiero, las cuales se van relajando desde el paseo aleatorio 1 (que es el que establece condiciones más estrictas) hasta el paseo aleatorio 3 (que se corresponde con el más plausible en términos económicos al no ser tan restrictivo), lo cual hace posible evaluar el grado de la eficiencia débil.

Aunque existen numerosos procedimientos que tradicionalmente han sido utilizados para contrastar la eficiencia débil de un mercado financiero tal como establece el modelo de paseo aleatorio, muchos de ellos contrastan únicamente alguna condición necesaria, pero no suficiente del citado modelo en cualquiera de sus formas (es el caso, por ejemplo, de los llamados métodos lineales que solo contrastan la incorrelación necesaria para los tres tipos de paseo aleatorio). Por otro lado, se encuentran los métodos no lineales que tienen en cuenta la posible existencia de relaciones de tipo no lineal en los rendimientos. En cualquier caso, la consecuencia de aplicar una prueba que solamente contrasta una condición necesaria, pero no suficiente, puede llevar a una conclusión errónea en alguno de los tipos de paseo aleatorio.

Pues bien, en relación al estudio del cumplimiento de la hipótesis de la eficiencia financiera y considerando las peculiaridades del entorno financiero también desde el prisma internacional, el trabajo se plantea con los siguientes objetivos principales:

- ✚ Analizar la influencia de la crisis financiera internacional de 2008 en el cumplimiento de la hipótesis de eficiencia en su forma débil en el mercado financiero español y en algunos de los mercados más representativos de

Latinoamérica (Chile, México, Colombia, Perú, Brasil, Argentina y Venezuela).

- ✚ Comprobar el carácter transitorio de la posible eficiencia débil en los mercados financieros objeto de estudio.
- ✚ Proponer un procedimiento estadístico de contrastación de la hipótesis de eficiencia en su forma débil que, diseñado a partir de procedimientos lineales y no lineales, permita analizar el cumplimiento de dicha hipótesis en cualquiera de las formas que establecen los diferentes tipos de paseo aleatorio.

Asimismo, se plantean los siguientes objetivos secundarios:

- Estudiar la evolución y las características de los mercados financieros español y latinoamericanos objeto de análisis.
- Proponer una forma de evaluar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil a partir del procedimiento propuesto para contrastar dicha hipótesis.
- Analizar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en cada uno de los mercados estudiados.

La división del periodo muestral completo (que abarca desde enero de 2003 hasta julio de 2015) en períodos y sub-períodos, permite analizar la influencia de la crisis financiera en el cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil, así como el carácter transitorio de dicha eficiencia (en períodos más cortos de tiempo se pueden detectar comportamientos que pueden quedar camuflados al considerar períodos muestrales más largos).

Mediante la combinación de métodos (lineales y no lineales) que tradicionalmente se aplican para contrastar la eficiencia débil se plantea

un procedimiento estadístico que permite determinar si una serie de rendimientos financieros sigue o no un paseo aleatorio y, en su caso, de qué tipo se trata. Con ello se pretende paliar las limitaciones que presentan algunos métodos tradicionales al estudiar la hipótesis de eficiencia débil, en el sentido de que únicamente permiten contrastar alguna condición necesaria, pero no suficiente, para aceptar la hipótesis de paseo aleatorio en alguna de sus formas.

Utilizando análisis gráfico se estudia la evolución de los mercados financieros en cuestión, mientras que, con técnicas de estadística descriptiva, se analizan las características de las series de rendimientos asociada a cada índice bursátil.

La evaluación del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en cada mercado de acuerdo con alguno de los tres tipos de paseo aleatorio (1, 2 ó 3), se realiza en base a una escala que asigna valores al resultado al que conduce el procedimiento de contraste que se propone en este trabajo tras ser aplicado a la serie de rendimientos correspondiente. En caso de rechazar la eficiencia el valor asignado es el 0, mientras que si se produce la aceptación de la hipótesis de paseo aleatorio el valor se asigna en función del mayor o menor nivel de exigencia de las condiciones asociadas al tipo de paseo del que se trate, es decir, a la aceptación de los tipos 1 y 3 se le asigna los valores 3 y 1, respectivamente.

Con todo ello, el trabajo se estructura en dos partes: una primera en la que se estudian los fundamentos teóricos de la hipótesis de mercado eficiente junto a cuestiones metodológicas, y una segunda en la que se presentan los resultados que se obtienen del estudio empírico realizado.

La primera parte se divide en cinco capítulos. En el primero de ellos, se definen los conceptos financieros y la notación que se empleará a

lo largo de toda la investigación, así como las propiedades estadísticas que presentan las series financieras (conocidas comúnmente como hechos estilizados).

En el Capítulo 2 se desarrolla el concepto de la hipótesis de mercado eficiente (evolución histórica y formas de eficiencia), así como el de anomalía de un mercado financiero.

El Capítulo 3 se centra en la evolución que ha experimentado la modelización de la hipótesis de mercado eficiente hasta desembocar en el modelo teórico de fijación de precios con el que se suele identificar dicha hipótesis: el denominado modelo de paseo aleatorio en cualquiera de sus tres formas (1, 2 ó 3).

Los diferentes métodos que tradicionalmente se aplican para contrastar la eficiencia débil en las formas que establecen los tipos de paseo aleatorio se detallan en el Capítulo 4. Asimismo, en la parte final de este capítulo se propone un procedimiento, combinando métodos lineales y no lineales, para detectar si una serie de rendimientos asociados a un determinado índice de precios sigue un paseo aleatorio y, en su caso, de qué tipo se trata.

La primera parte del estudio finaliza con el Capítulo 5, en el que se recoge una amplia revisión de los principales trabajos de comprobación empírica de la hipótesis de eficiencia clasificados según la forma de la mima que contrastan (débil, semi-fuerte o fuerte).

La segunda parte del trabajo, en la que se presentan los resultados del estudio empírico llevado a cabo, se estructura en tres capítulos. En el primero de ellos, que se corresponde con el Capítulo 6, se describen el índice bursátil elegido en cada mercado objeto de análisis y el período

muestral completo considerado, así como los períodos y sub-períodos en los que éste se divide.

En el capítulo 7 se lleva a cabo un estudio preliminar de cada mercado. En concreto, se analiza la evolución que experimenta cada uno de los índices y las series de rendimientos que de ellos se derivan, junto con un análisis descriptivo detallado de éstas últimas.

Por último, en el Capítulo 8 se muestra el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil que presenta cada mercado, en los períodos y sub-períodos establecidos, como resultado de la aplicación del procedimiento de contraste y la escala de valoración asociada a los resultados del mismo, propuestos en este trabajo.

Finalmente, en el apartado de conclusiones se dará respuesta a los objetivos establecidos a partir de los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente trabajo. Asimismo, se plantearán futuras líneas de investigación con la pretensión de dar continuidad a la labor investigadora que comienza con esta tesis doctoral.



## II. Parte 1

# FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLOGÍA

---

En la primera parte del trabajo, a lo largo de cinco capítulos, se estudian los fundamentos teóricos de la hipótesis de mercado eficiente junto a cuestiones metodológicas. Tras definir los conceptos financieros y la notación que se emplea a lo largo de la investigación, así como las propiedades estadísticas que presentan las series financieras (hechos estilizados), se desarrolla en profundidad todo lo relacionado con la hipótesis de mercado eficiente: concepto (evolución histórica y formas de eficiencia, *débil*, *semi-fuerte* y *fuerte*), modelización (concretada en el paseo aleatorio en cualquiera de sus formas, 1, 2 ó 3), evaluación y revisión de estudios empíricos. En relación con la evaluación de la hipótesis de eficiencia en su forma débil, esta parte del trabajo aporta un procedimiento que, combinando métodos lineales y no lineales, permite detectar si una serie de rendimientos asociados a un determinado índice de precios sigue un paseo aleatorio y, en su caso, de qué tipo se trata.



# Capítulo 1

## Precios y rendimientos financieros

---

En este primer capítulo se definen los principales conceptos financieros relacionados con la materia objeto de estudio estableciéndose la notación que se empleará en la redacción. Asimismo, se describen las propiedades que suelen caracterizar a las series financieras y que habitualmente se denominan hechos estilizados.

### 1.1. Concepto de rendimiento financiero

Si el precio de un activo financiero en el instante  $t$  se denota  $P_t$  y se asume que no existen rentas distribuidas en forma de dividendos o intereses, el *rendimiento* (o *rentabilidad*) *simple* de dicho activo entre los instantes  $t$  y  $t - 1$  viene dado por la expresión

$$R_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

Una alternativa al concepto anterior es el *rendimiento continuo o logarítmico* que se define como

$$r_t = \ln P_t - \ln P_{t-1} = p_t - p_{t-1}$$

donde  $p_t = \ln P_t$ .

Relacionando las dos expresiones anteriores se tiene que

$$r_t = \ln P_t - \ln P_{t-1} = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} = \ln(1 + R_t)$$

y si la variación del precio de  $t-1$  a  $t$  es pequeña se tiene

$$\ln \left( 1 + \underbrace{\frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}}_{R_t} \right) \approx \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad \text{es decir,} \quad r_t \approx R_t \quad (1.1)$$

lo que suele ocurrir en las rentabilidades diarias de un activo financiero cotizado.

Las rentabilidades sucesivas de un activo se pueden sumar si se han calculado de forma continua, es decir, dado el período temporal  $t_0, t_1, \dots, t_n$ , la rentabilidad continua verifica la siguiente propiedad

$$r_1 + r_2 + \dots + r_n = \ln \left( \frac{P_{t_n}}{P_{t_1}} \right)$$

En ocasiones es conveniente trabajar con el concepto de *exceso de rendimiento*<sup>1</sup> de un activo que se define como la diferencia entre su rendimiento y el rendimiento de un activo de referencia (normalmente un activo libre de riesgo). Así, si en el instante  $t$  los rendimientos simples y logarítmicos para un activo  $i$  y un activo de referencia (libre de riesgo) son  $R_{it}$  y  $r_{it}$ , y  $R_{0t}$  y  $r_{0t}$ , respectivamente, se tiene que el exceso de rendimiento simple para el activo  $i$  es

$$Z_{it} = R_{it} - R_{0t}$$

mientras que el exceso de rendimiento logarítmico es

$$z_{it} = r_{it} - r_{0t}$$

Según Campbell et al. (1997) existen al menos dos razones por las que los estudios financieros deben basarse en los rendimientos más que en los precios de los activos. La primera razón se encuentra en el hecho de que el rendimiento es una medida libre de escala que proporciona al inversor medio información completa sobre la oportunidad de invertir. La segunda razón es que las series de rendimientos son más fáciles de manejar que las series de precios debido a que tienen propiedades estadísticas más atractivas, tales como la estacionariedad y la ergodicidad.

Por otro lado, Fama (1965) indica que existen tres razones para trabajar con los cambios en el logaritmo del precio en lugar de con el simple cambio del precio: (i) el cambio en el logaritmo del precio es la “tasa de interés”, con capitalización continua, correspondiente al mantenimiento de un activo durante el lapso de tiempo transcurrido

---

<sup>1</sup> “*Excess return*” en terminología anglosajona (Campbell et al., 1997).

entre<sup>2</sup>  $t-1$  y  $t$ ; (ii) al trabajar con logaritmos se amortigua la heterocedasticidad que suele presentar el precio de los activos<sup>3</sup>; y (iii) en muchas ocasiones conviene analizar los datos en términos de cambios porcentuales en los precios, y se da la circunstancia que cuando éstos son menores a  $\pm 15\%$  el cambio en el logaritmo del precio es muy cercano al cambio porcentual en el precio<sup>4</sup>.

## 1.2. Hechos estilizados

La idea de *hechos estilizados* fue introducida por Kaldor (1961) quien sugiere comenzar el análisis de un fenómeno económico con una visión “estilizada” de los hechos, esto es, concentrándose más en lo general que en los detalles individuales. En base a esta idea surge una nueva forma de análisis del comportamiento de las series macroeconómicas en el sentido de considerar los hechos estilizados como punto de partida para la construcción de modelos teóricos. Formalmente, Sewell (2011) define un *hecho estilizado* de la siguiente manera:

*“Un hecho estilizado es un término usado en economía para referirse a hallazgos empíricos que son tan consistentes (por ejemplo, a lo largo de una amplia variedad de instrumentos, mercados y períodos de tiempo) que son*

---

<sup>2</sup> En efecto, teniendo en cuenta la definición de rendimiento continuo  $r_t$  resulta

$$\frac{P_t}{P_{t-1}} = e^{\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)} \Rightarrow P_t = P_{t-1} e^{\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)} \Rightarrow P_t = P_{t-1} e^{(\ln P_t - \ln P_{t-1})} \Rightarrow P_t = P_{t-1} e^{r_t}$$

que es la expresión para calcular el valor del precio del activo en el instante  $t$ , dado su precio en el instante  $t-1$ , a una tasa  $r_t$  con capitalización continua.

<sup>3</sup> En realidad, Fama, apoyándose en el trabajo de Moore (1962a), habla de que los cambios en los precios de los activos suelen presentar una variabilidad que es función creciente de dichos precios y que la aplicación de logaritmos a éstos parece neutralizar el citado efecto.

<sup>4</sup> La justificación matemática se encuentra en la expresión (1.1).

*aceptados como ciertos”*

En el ámbito financiero, los estudios empíricos que se han venido realizando desde los años 50 han permitido derivar propiedades estadísticas consistentes y no triviales para las series financieras. Dichas propiedades, que serían los hechos estilizados en el argot financiero, se concretan sobre las series de rendimientos correspondientes. Uno de los primeros trabajos que advirtió expresamente acerca de algunas de estas características comunes, fue el llevado a cabo por Mandelbrot (1963). No obstante, es Cont (2001) quien, de una manera más detallada, presenta los hechos estilizados que caracterizan a las series financieras:

- *Ausencia de autocorrelación:* los rendimientos de los activos financieros presentan autocorrelaciones tan próximas a cero que resultan insignificantes en la mayor parte de los casos, salvo para escalas de tiempo intra-diarias muy pequeñas (de unos 20 minutos aproximadamente), donde pueden aparecer los efectos de microestructura.
- *Gaussinidad agregacional:* cuando se aumenta la escala de tiempo sobre la que se calculan los rendimientos, su distribución de probabilidad se aproxima cada vez más a la de una normal. En particular, la forma de la distribución no es la misma para diferentes escalas de tiempo.
- *Asimetría en ganancia/pérdida:* las reducciones observadas en los precios e índices de las acciones son de mayor magnitud que los movimientos registrados al alza. Este hecho provoca que los rendimientos negativos presenten valores más extremos que los positivos (asimetría).

- *Colas pesadas*<sup>5</sup>: la distribución (incondicional) de los rendimientos parece mostrar cola con decrecimiento potencial o tipo Pareto<sup>6</sup>, con un índice de cola finito superior a 2 y menor que 5 para la mayoría de los conjuntos de datos estudiados. Este hecho excluye distribuciones estables<sup>7</sup> con varianza infinita y la distribución normal (distribución estable con varianza finita). No obstante, la forma concreta de las colas es difícil de determinar.
- *Intermitencia*: los rendimientos presentan, en cualquier escala de tiempo, una elevada variabilidad en cuyo caso se dice que la

---

<sup>5</sup> Sea  $X$  una variable aleatoria no negativa con función de distribución  $F$ . Se dice que  $F$  es de *cola pesada* si no está acotada exponencialmente, es decir, si no existen  $a, b > 0$  tales que

$$1 - F(x) = P(X > x) \leq be^{-ax} \quad \forall x \geq 0$$

siendo  $1 - F(x)$  la cola de la distribución o función de supervivencia, en cuyo caso la función generatriz de momentos de  $X$  verifica

$$E[e^{tx}] = \infty \quad \forall t \geq 0$$

En caso contrario, se dice que  $F$  es de *cola ligera*. Un indicador de cuán pesada es la cola de una distribución es el denominado *índice de cola* de la distribución que se define como el orden del mayor momento absoluto que es finito, de manera que cuanto mayor es el índice menos pesada es la cola. Entre las distribuciones de cola pesada se encuentran la  $t$  de Student, la log-normal, las distribuciones de Pareto y las distribuciones estables (Feller, 1971, p. 170) con exponente característico  $\alpha \in (0, 2)$ . La distribución estable para  $\alpha = 2$ , que se corresponde con la distribución normal, no se considera de cola pesada (su índice de cola es  $+\infty$ ).

<sup>6</sup> Una variable aleatoria  $X$  con distribución  $F$  cuya cola o función de supervivencia es de forma polinomial se caracteriza por satisfacer

$$1 - F(x) \propto x^{-\alpha}, \quad \alpha > 0$$

cuando  $x$  tiende a  $\infty$ , es decir, la cola de  $F$  sigue una ley potencial (en particular, se dice que la distribución  $F$  tiene cola de Pareto). En este contexto, los momentos de orden  $k \leq \alpha$  de  $X$  son infinitos (así, la media y varianza de  $X$  son infinitas cuando  $\alpha \leq 1$  y  $\alpha < 2$ , respectivamente). Lévy (1925) demostró que las distribuciones estables tienen colas de Pareto. Por tanto, las distribuciones estables con exponente  $\alpha$  que verifica  $0 < \alpha < 2$ , el cual coincide, en este caso, con el índice de cola, son un tipo de distribución de cola pesada que se les suele denominar *distribuciones estables de Pareto-Lévy*.

<sup>7</sup> Mandelbrot (1960, 1963a, 1963b) y Fama (1965) sugirieron distribuciones estables de Pareto-Lévy con exponente característico (esto es, índice de cola)  $1 < \alpha < 2$  para los cambios en los precios de los activos financieros, las cuales suponen una generalización del movimiento browniano (proceso con el que se venían identificando los cambios en los precios hasta ese momento).



volatilidad muestra un alto grado de intermitencia<sup>8</sup>. Este hecho queda cuantificado por la presencia de shocks irregulares en las series temporales de una amplia variedad de estimadores de la volatilidad.

- *Agrupamiento de volatilidad* (también conocido como *clústers* de volatilidad): diferentes medidas de la volatilidad presentan autocorrelación positiva durante varios días, lo cual cuantifica el hecho de que eventos de elevada volatilidad tienden a agruparse en el tiempo.
- *Colas pesadas condicionales*: incluso después de corregir en los rendimientos el agrupamiento de volatilidad (por ejemplo, a través de modelos de tipo GARCH), la series de tiempo residuales todavía exhiben colas pesadas. Sin embargo, dichas colas son menos pesadas que las que presenta la distribución incondicional de los rendimientos.
- *Lento decrecimiento de la autocorrelacion de los rendimientos en valor absoluto*: la función de autocorrelación de los rendimientos absolutos decrece lentamente como una función del desfase temporal de acuerdo, aproximadamente, a una ley potencial con un exponente que se sitúa en el intervalo  $[0,2, 0,4]$ . Esto a veces se interpreta como un signo de dependencia a largo plazo.
- *Efecto leverage*: la mayoría de las medidas de la volatilidad de un activo están correlacionadas negativamente con los rendimientos de dicho activo, de tal forma que la volatilidad en un período es

---

<sup>8</sup> En este contexto intermitencia hace referencia a movimientos muy bruscos en la volatilidad.

mayor cuando los rendimientos previos han sido negativos que cuando han sido positivos. Esta respuesta asimétrica de la volatilidad se conoce como *efecto leverage* o *efecto apalancamiento*.

- *Correlación volumen/volatilidad*: el volumen de las operaciones de compra y venta en los mercados financieros está correlacionado con todas las medidas de volatilidad que se utilizan.
- *Asimetría en escalas de tiempo*: medidas de la volatilidad sobre escalas de tiempo grandes predicen la volatilidad sobre escalas más finas<sup>9</sup> mejor que al contrario (la información fluye desde las escalas de tiempo grandes hacia las pequeñas).

---

<sup>9</sup> Cuando una escala de tiempo  $\Delta t$  es pequeña, se dice que es  *fina* (por ejemplo, del orden de minutos), y a medida que se hace más grande, se denomina  *menos fina*.

## Capítulo 2

# Concepto de la hipótesis de mercado eficiente

---

Se analiza la evolución histórica de la hipótesis de mercado eficiente, así como las formas de eficiencia que se distinguen desde un punto de vista informacional (*débil*, *semi-fuerte* y *fuerte*). Finalmente se desarrollan las diferentes anomalías que puede presentar un mercado financiero, esto es, los comportamientos sistemáticos que, si bien pueden suponer cierto grado de predictibilidad que resulta incompatible con la eficiencia del mercado, no se han de confundir con ineficiencias pues, mientras éstas últimas son temporales, las anomalías, una vez detectadas, perduran en el tiempo.

### 2.1. Evolución histórica

La hipótesis de mercado eficiente relaciona los precios de los activos financieros con la información que disponen los inversores, en el sentido de que ninguno pueda obtener ganancias extraordinarias a partir de dicha información. Por tanto, en este contexto los agentes que

intervienen en el mercado se encuentran en igualdad de condiciones y el funcionamiento de dicho mercado se asocia con la idea de “juego justo”<sup>1</sup>.

El primer autor en relacionar ambos conceptos (precios e información) fue Gibson (1889) quien en su obra *The Stock Exchanges of London, Paris and New York*, señalaba la importancia de la información pública que tienen a su disposición los inversores como instrumento para la valoración de los activos financieros<sup>2</sup>.

Sin embargo, el origen teórico de la hipótesis de eficiencia no se encuentra hasta el trabajo de Bachelier (1900), matemático francés que realizó el primer intento de modelización de los mercados financieros con el objetivo de valorar opciones y futuros, tomando para su estudio el precio de los bonos del gobierno francés. Utilizó el concepto de *movimiento browniano*<sup>3</sup> para describir el comportamiento de los precios, pues considera que la información (positiva y negativa) llega aleatoriamente al mercado tirando de los precios en ambas direcciones, hecho que el autor denomina “*estado estático*” del mercado, según el cual en todo momento hay una compensación entre los que venden (porque piensan que el valor del título va a bajar) y los que compran (pensando lo contrario). En dicho estado los agentes del mercado (compradores y vendedores) no creen en el alza ni en la baja de lo que define como “*curso*”

---

<sup>1</sup> Cardano (1564) estableció el concepto de igualdad de condiciones como principio fundamental de los juegos de azar, expresando:

*“En todo juego el principio más fundamental es simplemente la igualdad de condiciones, esto es, de los contrincantes, de los mirones, del dinero, de la situación, del cubilete y del mismo dado. En la medida en que usted se aparte de la igualdad, si es a favor del contrincante, usted es tonto, y si es al suyo propio, usted es injusto”*

<sup>2</sup> Textualmente, Gibson (1889) expresó

*“Cuando las acciones cotizan en un mercado abierto el valor que adquieren puede ser visto como el juicio formado por las mentes más brillantes”*

<sup>3</sup> Brown (1828) descubrió que los granos de polen suspendidos en el agua tienen un movimiento muy rápido y caótico que se denominó *movimiento browniano* y que sería identificado con la aleatoriedad en el lenguaje financiero.

*verdadero*” del mercado. El precio puede subir o bajar, pero si nadie sabe de qué forma lo hará, la situación es la de un juego justo, donde la expectativa de ganar es igual a la de perder.

En concreto, Bachelier, asumiendo que los precios eran una expresión lineal de un movimiento browniano con deriva, comparó la distribución estadística de los precios esperados de los bonos del gobierno francés (de acuerdo con su teoría) con la distribución de frecuencia observada en los cambios de los precios en el mercado real. Al encontrar grandes similitudes entre ambas distribuciones postuló que las fluctuaciones de los precios no son predecibles, pues al no seguir ninguna pauta ni patrón de comportamiento, los valores pasados no sirven para pronosticar los futuros, lo cual le permitió concluir que la esperanza matemática de un especulador financiero es cero (situación de juego justo).

Se puede pues afirmar que Bachelier asocia los movimientos de los precios de los activos financieros con la idea de *paseo aleatorio*<sup>4</sup>, concepto que la comunidad científica de la época utilizaba para describir movimientos de la naturaleza o del comportamiento humano que no era posible pronosticar bajo determinadas condiciones. En efecto, si el flujo de información no se obstruye y los inversores reaccionan instantáneamente, al tratar de tomar ventaja de dicha información eliminan las oportunidades de ganancias; esto hace que los cambios en los precios sean impredecibles y aleatorios.

Por otro lado, Keynes (1923) afirmó que los inversores en mercados financieros no son recompensados por conocer mejor que el mercado lo que puede suceder en el futuro, sino por el riesgo que asumen al invertir.

---

<sup>4</sup> Aunque Rayleigh (1880) y Venn (1888) escribieron sobre la noción de *paseo aleatorio* (*random walk*, en terminología anglosajona) fue Pearson (1905) quien introdujo el término en la literatura científica.

Esta premisa considera que los precios recogen toda la información disponible de manera que la obtención de ganancias extraordinarias por parte del inversor depende únicamente de su capacidad para asumir riesgos, lo cual está en la línea de la hipótesis de mercado eficiente.

El estudio de Bachelier encontró validez empírica, por primera vez, en los trabajos de Cowles (1933) y Working (1934). En concreto, Cowles (1933) analizó la capacidad predictiva de 45 agencias profesionales para pronosticar cambios en precios de acciones en el mercado norteamericano encontrando evidencia de que no predecían el mercado de manera sistemática, concluyendo que probablemente los resultados eran consecuencia del azar, lo cual confirmaba el cumplimiento de la hipótesis de eficiencia. Por su parte, Working (1934) tras analizar los cambios en los precios de las acciones y algunos otros activos financieros advirtió que éstos eran totalmente aleatorios. En trabajos posteriores, Cowles (1944) y Working (1949) confirmaron que los inversores no podían batir el mercado prediciendo de manera exitosa los cambios en los precios de los activos financieros.

En la década de los cincuenta los estudios más destacados sobre la que se acabaría llamando hipótesis de mercado eficiente son los realizados por Kendall (1953), Osborne (1959) y Roberts (1959).

En su investigación, Kendall (1953) trató de comprobar de forma empírica la existencia de patrones de comportamiento sistemático en los rendimientos de las acciones. Para ello analizó 22 series de índices de precios industriales del mercado británico durante el período 1928-1938, y comparó los resultados obtenidos con los precios de los mercados de algodón de Nueva York y de trigo de Chicago para el período 1883-1934. Dividió las muestras en dos sub-períodos de análisis, antes de la Primera Guerra Mundial (1883-1914) y tras la misma (1921-1934), y en base a los

resultados de la prueba de correlación serial (como prueba de independencia) y a la distribución estadística de los datos<sup>5</sup>, concluyó que no se pueden predecir las oscilaciones de los precios, esto es, los precios parecen moverse aleatoriamente no existiendo patrones predecibles sobre su comportamiento<sup>6</sup>. No obstante, Kendall admite la posibilidad de que algunos inversores puedan obtener rendimientos extraordinarios, si bien éstos se deben a factores como la suerte, el uso de información privilegiada o la capacidad de actuar muy rápidamente.

Osborne (1959) estudió el mercado de Nueva York analizando los cambios en los logaritmos de los precios de las acciones, llegando a la conclusión de que dichos logaritmos se comportan de forma similar a un movimiento browniano<sup>7</sup>.

Por su parte, Roberts (1959) comprobó que los cambios semanales en el índice Dow Jones de 1956 se comportaban de manera muy parecida a los simulados con un modelo de distribución de probabilidad normal de forma independiente, y postuló que las variaciones en el precio de las acciones se comportarían como una ruleta debiendo ser, por tanto, independientes de su historia pasada.

En esta misma década de los cincuenta, algunos economistas

---

<sup>5</sup> Kendall (1953) fue el primer autor en observar una dependencia temporal en la varianza de los rendimientos de una serie de precios (en concreto, la del trigo del mercado de Chicago) a pesar de que su media permanecía constante, lo cual implicaba la no estacionariedad de dicha serie.

<sup>6</sup> En este sentido Kendall (1953) escribió:

*“La serie parece como una errante, como si una vez a la semana el Demonio de la Suerte escogiera un número aleatorio de una población simétrica de dispersión constante y lo agregara al precio actual para determinar el precio de la semana siguiente”*

<sup>7</sup> Osborne (1959) incide en la idea de movimiento browniano que ya planteó Bachelier pero tomando como ejemplo la mecánica estadística:

*“Se muestra que los precios de las acciones ordinarias y el valor del dinero pueden ser considerados como un conjunto de decisiones en equilibrio estadístico, con propiedades bastante análogas a las de un conjunto de partículas en mecánica estadística”*

empezaron a manifestar que un mercado que se mueve en cualquier dirección sin razón alguna, de acuerdo con la idea de paseo aleatorio o movimiento browniano, era poco compatible con las ideas de cálculo y de racionalidad que están en la base de toda teoría económica. En este sentido, diversos autores defendieron la idea de que los movimientos de la Bolsa podrían justificarse desde el punto de vista de la racionalidad, destacando, sobre todo, los trabajos de Working (1949, 1953, 1958), que anticiparía lo que posteriormente se conoció como *expectativas racionales*, y el de Roberts (1959). Desde este momento, los conceptos de expectativas y racionalidad se empiezan a incorporar a la formulación de la hipótesis de mercado eficiente.

Siguiendo esta línea, Fama (1965) estableció por primera vez el concepto de *mercado eficiente*:

*“Un mercado ‘eficiente’ se define como un mercado en el que hay un gran número de inversores racionales compitiendo activamente en busca del máximo beneficio, tratando cada uno de predecir los valores de mercado de acciones individuales, y donde la información actual importante está disponible casi libremente para todos los participantes”*

En el contexto del concepto anterior, continuó expresando:

*“En un mercado eficiente, la competencia entre los numerosos participantes inteligentes conduce a una situación en la que, en cualquier instante de tiempo, el precio real de las acciones individuales ya refleja los efectos de la información basada tanto en los eventos que ya han*



*ocurrido como en los eventos que, a partir de ahora, el mercado espera que tengan lugar en el futuro. En otras palabras, en un mercado eficiente en cualquier instante de tiempo el precio real de una acción será una buena estimación de su valor intrínseco”*

Según Fama, su concepto de mercado eficiente implica que los cambios en los precios de las acciones deben ser independientes, concluyendo a su vez que los movimientos de dichos precios siguen un paseo aleatorio.

Al mismo tiempo, Samuelson (1965) fue el primero en fundamentar teóricamente la hipótesis de mercado eficiente<sup>8</sup> desde el punto de vista del proceso de la información dando cabida a la cuestión de las expectativas de los participantes en el mercado. En concreto, estableció que en un mercado eficiente los participantes tienen las mismas expectativas de acuerdo con la información que utilizan para determinar el precio futuro de los activos financieros, de manera que los cambios en dichos precios fluctuarán de forma impredecible, lo cual no hace posible que, por término medio, puedan obtener ganancias extraordinarias, hecho que lleva a entender el mercado como un juego justo.

Formalmente, lo anterior es concretado por Samuelson postulando que si todos los participantes en el mercado financiero que son neutrales al riesgo conocen cual es la función de probabilidad que subyace a la formación de los precios de las activos y, en base a las mismas expectativas, utilizan el criterio de la esperanza matemática para establecer el precio futuro, el escenario es el de un juego justo, lo que

---

<sup>8</sup> Aunque Samuelson (1965) es considerado el primer autor en fundamentar la teoría del mercado eficiente, conviene señalar que en su artículo no aparece la palabra *eficiente*.

significa que, en este contexto, los precios de los activos conforman una *martingala*<sup>9</sup> (y no un paseo aleatorio, como consideró Fama).

Roberts (1967) analizó la idea de eficiencia desde la perspectiva del conjunto de información que manejan los participantes en el mercado. Por un lado, acuñó el término *hipótesis de mercado eficiente*, y por otro, estableció una clasificación para el conjunto de información que permitió distinguir tres formas de eficiencia: **(a) eficiencia “débil”**, en la que el conjunto de información solo incluye la serie histórica de precios; **(b) eficiencia “semi-fuerte”**, en la que el conjunto de información incluye toda la información conocida por todos los participantes en el mercado (*información pública disponible*), y **(c) eficiencia “fuerte”**, en la que el conjunto de información incluye toda la información conocida por algunos participantes del mercado (*información privada*). Obviamente, bajo cualquiera de las tres formas de eficiencia la información quedaría completamente reflejada en los precios del mercado y no sería posible batir al mercado.

En 1970 Fama revisó el concepto de mercado eficiente haciendo hincapié en el papel de los mercados financieros en la asignación de recursos en la economía real (lo que Samuelson no planteó en su trabajo) y abandonando la idea del valor intrínseco de la acción:

*“Un mercado en el que los precios reflejan plenamente la información disponible se denomina eficiente”*

---

<sup>9</sup> La *martingala* es una palabra de origen francés que se refiere a un sistema de apuestas diseñado para asegurar un franco (o en general, la apuesta de base), debiendo su nombre a la ciudad francesa de Martigues. En concreto, la estrategia consiste en doblar la apuesta después de cada pérdida con el fin de asegurar, con una probabilidad arbitrariamente alta, un resultado favorable. El concepto de martingala en la teoría de probabilidades fue introducido por Lévy (1929, 1935).

Para hacer operativa la definición anterior, sobre todo, con la idea de verificar su cumplimiento, Fama (1970) indicó que era necesario especificar con detalle el proceso de formación de los precios y expresó las condiciones de equilibrio del mercado en términos de los rendimientos esperados respecto del conjunto de información disponible. En este sentido, Fama identificó un mercado eficiente con el supuesto, ya conocido, de que los rendimientos de los activos debían ser un juego justo, proponiendo los modelos de martingala y de paseo aleatorio para la formación de precios.

A la luz del concepto introducido, Fama (1970) estableció condiciones suficientes, pero no necesarias, para un mercado eficiente: (i) no hay costes de transacción en la negociación; (ii) toda la información disponible está a disposición de todos los participantes en el mercado sin coste alguno; y (iii) todos los participantes están de acuerdo con las implicaciones que la información existente tiene sobre los precios actuales de cada acción y las distribuciones de los precios futuros de las mismas. Por tanto, si un mercado reúne estas condiciones el precio de cada acción reflejaría plenamente toda la información disponible.

El planteamiento de la eficiencia con respecto a un conjunto de información, que implica que no es posible obtener ganancias extraordinarias al negociar activos financieros con base a dicho conjunto de información, condujo a Jensen (1978) hasta el siguiente concepto de mercado eficiente:

*“Un mercado es eficiente con respecto a un conjunto de información si es imposible obtener beneficios económicos negociando en base a dicho conjunto de información”*

En esta misma línea, Malkiel (1989) facilitó una definición más detallada:

*“Un mercado financiero es eficiente si refleja correcta y completamente toda la información relevante para determinar los precios de los activos. Formalmente, se dice que un mercado es eficiente con respecto a un conjunto de información si la revelación de información a todos los participantes no afecta a los precios de los activos. Eficiencia con respecto a un conjunto de información implica que sea imposible obtener beneficios económicos negociando en base a dicha información”*

Esta definición de mercado eficiente, que comienza reiterando la de Fama (1970), sugirió dos formas alternativas de contrastar la hipótesis de eficiencia. De una parte, plantea la posibilidad de concluir que un mercado es eficiente con respecto a un conjunto de información si al revelar dicha información a los participantes los precios de los activos no se mueven. La última parte de la definición sugiere contrastar la eficiencia midiendo los beneficios que se pueden obtener negociando con la información disponible, pasando a ser esta idea la base de casi todos los trabajos empíricos de eficiencia de mercado (Campbell et al., 1997).

Fama (1991) reconoció que de su definición de 1970 se derivaba una versión de la hipótesis de mercado eficiente demasiado estricta dada la realidad del mercado, pues su cumplimiento requería que los costes necesarios para que los precios reflejen completamente la información disponible (esto es, los costes de información y de transacción) debían ser siempre cero (Grossman y Stiglitz, 1980). En realidad, este cuestionamiento de Grossman y Stiglitz, que se basa en la premisa de

que en el mercado real la información tiene un coste, invalidaría solo la forma fuerte de eficiencia, ya que la información en las formas débil y semi-fuerte, al ser pública, debería resultar gratuita (Fama, 1991). Por ello, en la línea de la definición de Jensen (1978) de mercado eficiente, Fama (1991) formuló una versión de la hipótesis de eficiencia menos estricta y económicamente más razonable:

*“La hipótesis de eficiencia indica que los precios reflejan la información hasta el punto en el que los beneficios marginales obtenidos al utilizar la información no superan los costes marginales”*

En este mismo trabajo, Fama (1991) afirmó que la eficiencia del mercado no es contrastable por sí misma, y propuso que, dicha eficiencia, debía examinarse conjuntamente con algún modelo de equilibrio de fijación de precios (es lo que Fama denominó *hipótesis conjunta*).

Como ya se comentó anteriormente, las ideas de la teoría de las *expectativas racionales*<sup>10</sup> siempre han estado presentes en los planteamientos que se han venido realizando de la hipótesis de mercado eficiente. Este enfoque supone que los participantes en el mercado actúan

---

<sup>10</sup> Muth (1961) propuso la hipótesis de expectativas racionales aplicando el principio del comportamiento racional del consumidor a la consecución y procesamiento de la información relevante para la formación de expectativas. La premisa básica es que las variables económicas siguen un proceso sistemático. Con el tiempo, los agentes aprenden, conocen el patrón que determina el comportamiento de las variables y usan ese conocimiento para formar sus expectativas. Suponiendo que no se cometen errores sistemáticos, la consecuencia es que las expectativas coinciden, en promedio, con la predicción de la teoría (Bermúdez, 2014), o de una manera más formal, la distribución de probabilidad *subjetiva* de los resultados que utilizan los agentes coincide, para un mismo conjunto de información, con la distribución de probabilidad *objetiva* de dichos resultados.

En la década de los 70, Robert Lucas introdujo la hipótesis de expectativas racionales propuesta por Muth en la macroeconomía y la desarrolló junto a otros economistas (Robert Barro, Thomas Sargent, Neil Wallace), con los que integró la escuela de pensamiento económico que se denominaría “La Nueva Macroeconomía Clásica”.

de forma racional, esto es, utilizan de forma óptima toda la información disponible para realizar previsiones (expectativas), en el sentido de minimizar el error de predicción. Concretamente, los participantes conocen, de forma subjetiva, la distribución de probabilidad que ‘objetivamente’ determina el precio del activo, y que utilizan para formar sus expectativas, y puesto que entre la información disponible se incluye el conocimiento de los errores de predicción anteriores, los participantes no cometen errores sistemáticos, pues utilizan su experiencia para no repetir sus errores y mejorar sus predicciones. En este escenario, las previsiones de los participantes coincidirán, en promedio, con las que se derivan de la teoría.

Es evidente que la teoría de las expectativas racionales ya está presente en la caracterización que Fama establece para un mercado eficiente en 1965 pues, asumiendo que en el mercado compiten agentes racionales en busca del máximo beneficio, basa dicha caracterización en el grado de proximidad entre el precio de un título y su valor intrínseco.

Samuelson (1965), a pesar de no mencionar la palabra ‘racional’ en su trabajo, establece una axiomática en su formulación de la hipótesis de eficiencia (los precios de los activos llevan asociada una ley de probabilidad que todos los participantes en el mercado conocen y, en base a las mismas expectativas, utilizan el criterio de la esperanza para establecer el precio futuro) que es la misma que la de los modelos con expectativas racionales.

De igual forma, encontramos la esencia de las expectativas racionales en la teoría de los mercados eficientes que estableció Fama en 1970 pues, para considerar si los precios reflejan completamente la información disponible, requiere la especificación de un modelo que determine la formación de los precios y que las condiciones de equilibrio

del mercado se expresen en términos de los rendimientos esperados respecto del citado conjunto de información.

En el caso del planteamiento de 1991, en el que Fama considera que el hecho de que los precios reflejen toda la información tiene un coste, un inversor racional utilizará dicha información, como mínimo, hasta el punto en que los costes marginales de adquisición y procesamiento de la información igualen los beneficios marginales derivados de ella.

En consecuencia, desde la perspectiva de las expectativas racionales la hipótesis del mercado eficiente se sustenta sobre tres supuestos básicos (Shleifer, 2000): (i) los inversores son racionales, en el sentido de que ajustan correctamente sus decisiones cuando descubren nueva información; (ii) existen algunos inversores no racionales que generan operaciones aleatorias, aunque incorreladas, y, por tanto, se contrarrestan unas con otras sin afectar a los precios; y (iii) en la medida que los inversores sean irracionales en el mismo sentido, esto es, que generen operaciones aleatorias correlacionadas, en el mercado existen inversores ‘inteligentes’ (*arbitrajistas*<sup>11</sup>) que, al tratar de aprovechar las ineficiencias que aquellos ocasionan, rápidamente eliminan las influencias de dichas operaciones en los precios.

Franke et al. (2008) estableció una definición de mercado eficiente en la que explícitamente aparece el concepto de expectativas racionales considerando que la utilización óptima de toda la información disponible por parte de los agentes participantes en el mercado para realizar previsiones supone la minimización del error cuadrático medio del

---

<sup>11</sup> En el contexto de los mercados financieros se define *arbitraje* como el proceso de compra de un activo para venderlo con el fin de beneficiarse de las diferencias de precios existentes. El arbitraje en sí mismo no es especulativo, y provoca una tendencia a igualar los precios de los activos implicados en el proceso.

pronóstico. En concreto, la definición se basa en la idea de equilibrio con expectativas racionales, que asume que cada agente incluye correctamente la información de la función de los precios en su función objetivo<sup>12</sup>:

*“Un mercado es eficiente con respecto a un conjunto de información  $\Omega = (\Omega_t)$ ,  $\Omega_t \subset \Psi_t$ , si en cada instante de tiempo  $t$  el mercado está en RE-equilibrium con la función de precio  $p_t(w)$  y si para cada agente  $i$  y cada instante  $t$  se verifica  $\Omega_t \subset \{\Psi_{i,t} \cup p_t(w)\}$  ”*

A partir de la definición anterior, Franke et al. (2008) identificaron los tres niveles de eficiencia típicos según la condición que verifica el conjunto  $\Omega = (\Omega_t)$ : (i) *débil* si  $\Omega_t = \cap_i \Psi_{i,t}$ ; (ii) *semi-fuerte* si  $(\cap_i \Psi_{i,t}) \subset \Omega_t \subset (\cup_i \Psi_{i,t})$ ; y (iii) *fuerte* si  $\Omega_t = \cup_i \Psi_{i,t}$ .

## 2.2. Formas de eficiencia

Atendiendo a la clasificación que estableció Roberts (1967) para el conjunto de información que manejan los participantes en el mercado, *serie histórica de precios, información pública disponible e información privada*, se distinguen tres formas de eficiencia: *débil, semi-fuerte y fuerte*, respectivamente. Tal y como se ilustra en el Figura 2.1 las formas

---

<sup>12</sup> Asumiendo que el precio en el instante  $t$  es una función del estado de la economía ( $p_t(w)$ ), Franke et al. (2008) definen equilibrio con expectativas racionales en la forma siguiente:

*“Un equilibrio en  $t$  con expectativas racionales (RE-equilibrium) es un equilibrio en el cual cada agente  $i$  optimiza su función objetivo dado el conjunto de información  $\Psi_{i,t}$  y la función de precio  $p_t(w)$  ”*



de eficiencia se organizan jerárquicamente en base a la accesibilidad creciente a la información por parte de los inversores.

Figura 2.1: Formas de eficiencia



Fuente: elaboración propia

#### a) Eficiencia en forma débil

La forma *débil* de la eficiencia considera que el conjunto de información disponible está compuesto únicamente por los precios históricos de los activos. En este caso, la hipótesis de eficiencia implica que los precios de los activos reflejan la totalidad de la información contenida en la serie histórica de precios de manera que, basándose en dicha serie, es imposible predecir los movimientos futuros de los precios y, por tanto, crear estrategias exitosas de especulación.

#### b) Eficiencia en forma semi-fuerte

En la versión *semi-fuerte* de la eficiencia el conjunto de información incluye toda aquella que es conocida por todos los participantes en el mercado (*información pública disponible*). Esta información incluye, además de la serie histórica de precios, otra de tipo público como balances, anuncios de dividendos, ampliaciones de capital, adhesiones de grupos empresariales, etc. Bajo esta forma de eficiencia la información pública queda completamente reflejada en los precios del mercado, de

manera que ningún inversor tiene la posibilidad de obtener ganancias extraordinarias.

**c) Eficiencia en forma fuerte**

En el caso de la forma *fuerte* de la eficiencia el conjunto de información incluye toda la que es conocida por algunos participantes del mercado (*información privada*). Este conjunto está formado, además de por *la información pública disponible*, por información a la que solo tienen acceso determinados inversores. En este escenario, la eficiencia supone que ningún inversor puede obtener beneficios extraordinarios a pesar de tener acceso a toda la información disponible en el mercado. Se trata pues, de una forma de eficiencia extrema que establece la utopía de mercado perfecto, en el que no caben estrategias exitosas de inversión, ya que la única forma de batirlo sería por azar.

Dada la estructura jerárquica de los conjuntos de información, si un mercado es eficiente en forma *fuerte* también lo es en forma *débil* y *semi-fuerte*. Asimismo, si un mercado es eficiente en forma *semi-fuerte* también será eficiente en forma *débil*.

## 2.3. Anomalías en el mercado financiero

El origen del término *anomalía* se encuentra en el marco de la metodología científica. En concreto, Kuhn (1970) se refiere a las anomalías como el hallazgo de un comportamiento sistemático y preciso, pero que, sin embargo, es inconsistente con los fundamentos de la teoría básica preexistente. En el contexto de las finanzas, Lo (2007) define una *anomalía* como

*“un patrón regular en los rendimientos de un activo que es fiable, ampliamente conocido e inexplicable”*

El hecho de que el patrón sea regular y fiable implica un grado de predictibilidad, mientras que el hecho de que la regularidad sea ampliamente conocida implica que muchos inversores pueden tomar ventaja de ella.

Se puede decir que el estudio de las anomalías comienza a principios de la década de los ochenta, cuando en pleno auge de la hipótesis de mercado eficiente surge el interés por encontrar pautas de comportamiento en los precios de las acciones que ponga de manifiesto alguna imperfección del mercado que pueda ser aprovechada para llevar a cabo estrategias exitosas de inversión. Sin embargo, no se han de confundir las anomalías del mercado con ineficiencias que puedan manifestarse en el mismo en un momento dado; pues a diferencia de éstas últimas, las anomalías, una vez que se detectan, resultan persistentes en el tiempo.

Para unos autores la persistencia temporal de las anomalías es un hecho que parece incumplir la hipótesis de mercado eficiente, mientras que para otros es una evidencia a favor de la misma. En concreto, los primeros consideran que la mayoría de las anomalías pueden ser explotadas por estrategias de negociación relativamente simples y, mientras los beneficios resultantes puede que no estén libres de riesgo, las citadas anomalías parecen ser inusualmente rentables respecto a sus riesgos (Lehmann, 1990). Por otro lado, los que defienden que las anomalías evidencian la hipótesis de eficiencia afirman que éstas no pueden ser explotadas con resultados significativos debido a factores como el riesgo o los costes de transacción. En este sentido, Malkiel (2003) considera que los patrones predecibles no son fiables de período a período

y, aun siendo fiables, los efectos no aleatorios derivados de los mismos son muy pequeños en comparación con los costes de transacción involucrados en el intento de explotarlos, por lo que no parece que ofrezcan operaciones de arbitraje que permitan a los inversores generar excesos de rendimientos ajustados al riesgo asumido.

Los diferentes tipos de anomalías susceptibles de ser observadas en los mercados financieros se pueden clasificar en los siguientes grupos: *anomalías de calendario*, *anomalías en valoración de activos* y *otro tipo de anomalías*.

### **2.3.1. Anomalías de calendario**

Las denominadas *anomalías de calendario*, también llamadas *efectos estacionales*, hacen referencia a la estacionalidad que pueden presentar las series de rendimientos financieros, esto es, a la oscilación periódica y predecible que pueden exhibir las series con periodicidad igual o inferior a la anual (habitualmente diaria, semanal o mensual). En concreto, este tipo de anomalías explican la existencia, en determinados momentos del año, de rendimientos anormales (superiores o inferiores) en comparación a los que se registran en el resto del año.

#### **a) Efecto mes de enero**

Efecto de la estacionalidad mensual, también conocido como *efecto cambio de año*, que refleja el hecho de que en los primeros días del mes de enero (normalmente, los cinco primeros) los rendimientos financieros son claramente superiores a los que se obtendrían en los mismos días cualquier otro mes. Los primeros autores en documentar esta anomalía

fueron Rozeff y Kinney (1976)<sup>13</sup>, quienes mostraron que los rendimientos de los índices de acciones del mercado norteamericano con igual ponderación eran significativamente altos en el comienzo del año en comparación con otros meses. Posteriormente, Gultekin y Gultekin (1983) constataron que los rendimientos medios mensuales entre 1959 y 1979 eran significativamente mayores en enero que en otros meses para once de diecisiete países industrializados<sup>14</sup>.

Una de las explicaciones más aceptada para el *efecto mes de enero* es la denominada *hipótesis de pérdidas fiscales*. Argumentada por Watchel (1942), Rozeff y Kinney (1976), Keim (1983), Roll (1983) y Constantinides (1984), entre otros, dicha hipótesis defiende que al final de año la venta de títulos cuya cotización ha disminuido se ve incentivada en pro de obtener pérdidas que serán consideradas minusvalías en las imposiciones de ganancias de capital. El comportamiento de muchos inversores en este sentido origina una presión vendedora que provoca la bajada de los precios de dichos títulos en los últimos días de diciembre. La citada presión desaparece a principios de año permitiendo que los títulos recuperen sus niveles de equilibrio, produciéndose así rentabilidades anormalmente elevadas.

#### **b) Efecto cambio de mes**

Esta anomalía, también denominada *efecto intra-mes*, es consecuencia de la estacionalidad en series diarias de rendimientos en un conjunto de días asociados con el cambio de mes. En concreto, recoge el

---

<sup>13</sup> Como antesala, Praetz (1973) y Officer (1975) ya habían detectado la existencia de estacionalidad mensual en la distribución de los rendimientos en el mercado de capitales australiano.

<sup>14</sup> En el Reino Unido, en lugar del *efecto mes de enero*, se detectó un efecto equivalente en la transición de marzo a abril (en el período considerado, el rendimiento medio en los meses de abril resultó significativamente superior al de resto de meses del año, con la excepción de agosto, marzo y enero), existiendo en dicho país, a diferencia de los demás, la particularidad de que el año fiscal comienza a principios de abril.

hecho de que, habitualmente, la rentabilidad de los títulos es mayor los días cercanos al cambio de mes que los restantes días. Ahora bien, no existe unanimidad en el número de días (tanto anteriores como posteriores al cambio de mes) que componen el período en el que se estudia la anomalía. En este sentido, Ariel (1987), en un estudio del mercado norteamericano entre 1963 y 1981, encuentra rendimientos medios positivos en el último día de negociación del mes y para los nueve primeros días de negociación del mes siguiente. Por su parte, Lakonisok y Smidt (1988), analizando 90 años del índice Dow Jones desde 1897, detectan rendimientos medios positivos elevados en un período de cuatro días de negociación que comienza el último día de negociación del mes. Finalmente, Agrawal y Tandom (1994), al estudiar los mercados financieros de 18 países, comprueban que el efecto del cambio de mes se produce en los cuatro últimos días de negociación del mes y en los cuatro primeros del siguiente.

En cualquier caso, entre las posibles explicaciones de esta anomalía se encuentra la regularidad en los pagos (de salarios, dividendos e intereses devengados, entre otros) por parte de la mayoría de entidades económicas que, al realizarse al final de mes, propicia una concentración de efectivo en manos de los inversores en ese momento que, al reinvertirlo, induce una subida de los rendimientos de los activos en el cambio de mes (Ogden, 1987, 1990).

### **c) *Efecto principio de trimestre***

En un estudio sobre el mercado norteamericano, Penman (1987) detectó que los rendimientos medios en las dos primeras semanas de los trimestres segundo, tercero y cuarto del año son significativamente

superiores a los de cualquier período dentro de cada trimestre<sup>15</sup>. Según el propio autor la explicación de este efecto parece encontrarse en la influencia positiva que en los precios de los activos tiene que la publicación de noticias de ganancias por parte de la gran mayoría de las empresas se realice, precisamente, en las dos primeras semanas de los trimestres segundo, tercero y cuarto del año. En cambio, cuando los informes de resultados portan malas noticias (esto es, anuncian pérdidas), lo cual afecta negativamente a los precios, esas mismas empresas tienden a hacerlos públicos más tarde en el trimestre.

#### **d) Efecto día de la semana**

Partiendo del hecho de que la mayoría de los activos se negocian de lunes a viernes, esta anomalía, detectada por primera vez por Fields (1931), hace referencia a la posibilidad de que el rendimiento de un activo no sea independiente del día de la semana en el que se genera, es decir, un día determinado podrían generarse rendimientos superiores o inferiores a los que se darían el resto de la semana.

Especial interés suscita el caso del primer día de la semana, conocido como *efecto lunes*, según el cual la rentabilidad media ese día suele ser negativa y menor a las rentabilidades medias obtenidas el resto de días de negociación de la semana. Según French (1980), si se considera que los rendimientos se generan en lo que él denomina *tiempo de calendario*<sup>16</sup>, los precios de los activos deberían aumentar un poco más

---

<sup>15</sup> En relación con el primer trimestre del año, Penman (1987) afirma que el *efecto de principio de trimestre* no es tan fuerte como el *efecto mes de enero*, por lo que, en este caso, se puede decir que el primer efecto se ve anulado por el segundo.

<sup>16</sup> En realidad, French (1980) plantea dos hipótesis en relación a cómo se generan los rendimientos: la hipótesis de *tiempo de calendario* y la hipótesis de *tiempo de negociación*. Bajo la primera hipótesis, French defiende que la distribución de los rendimientos de los lunes podría ser diferente a la de los demás días. En cambio, si se considera que los rendimientos se generan sólo durante la negociación activa la distribución de los rendimientos podría ser la misma para todos los días de negociación (lunes a viernes).

los lunes que en cualquier otro día puesto que el tiempo transcurrido entre el cierre de la negociación del viernes y el cierre de la negociación del lunes es de tres días, en lugar de un día como ocurre normalmente en otros días. De acuerdo con French, la explicación más obvia para este comportamiento puede estar en que la información publicada el fin de semana tiende a ser desfavorable.

Por el contrario, en los restantes días de negociación la rentabilidad media resulta ser positiva (French, 1980), destacando el caso del viernes, que al ser especialmente elevada (Cross, 1973), da lugar al denominado *efecto viernes*.

En su estudio French (1980) mide los rendimientos del lunes como la diferencia entre el precio de cierre de los viernes y el precio de cierre de los lunes, existiendo, por tanto, la posibilidad de que los precios caigan durante el día los lunes. No obstante, Rogalski (1984) comprobó que los precios aumentan los lunes desde la apertura al cierre. Por tanto, los rendimientos negativos que se dan en los mercados los lunes se concentran, en casi todos los casos, entre el cierre de la negociación los viernes y la apertura de los lunes, quedando patente que el fin de semana tiene gran importancia en el proceso de generación de precios y, por ende, de rentabilidades. Es por ello, que a la combinación de los efectos asociados al viernes y al lunes se le conoce como *efecto fin de semana*.

#### **e) *Efecto día festivo***

Del hecho de que el *efecto fin de semana* esté relacionado de forma directa con que los mercados permanezcan cerrados durante el mismo, surge el denominado *efecto día festivo* según el cual la rentabilidad media de un activo los días anteriores a un festivo es superior al resto de días, sobre todo los inmediatamente siguientes al día festivo, tal y como ya apuntaba French (1980). Aunque French (1980) no detectó nada



significativo en el comportamiento del precio después de los días festivos, Ariel (1985) encontró evidencia del citado efecto en el estudio de los rendimientos de 160 días que preceden días festivos entre 1963 y 1982.

### 2.3.2. Anomalías en la valoración de activos

Este tipo de anomalías tiene su origen en los estudios críticos acerca de los modelos de valoración de activos en los mercados financieros, y más concretamente en el CAMP (*Capital Asset Pricing Model*), el cual supone la exclusividad del riesgo sistemático o riesgo de mercado como factor determinante de la rentabilidad esperada de un activo (en otras palabras, considera que la *beta*<sup>17</sup> de un activo es el único factor influyente en la descripción de la rentabilidad esperada). Pues bien, las citadas anomalías hacen referencia a rentabilidades significativamente diferentes a las que proporciona un modelo convencional de valoración de activos como el CAMP, derivadas de la capacidad que tienen otras variables de las empresas para explicar la variación que se produce en la rentabilidad de los activos. Dentro de este grupo de anomalías destacan el *efecto tamaño*, el *efecto PER* y el *efecto book-to-market*.

---

<sup>17</sup> El coeficiente *beta* ( $\beta$ ) mide la volatilidad de un activo financiero con respecto a la del mercado, de manera que permite medir el riesgo sistemático de un activo (riesgo que no es posible eliminar diversificando la cartera en distintos tipos de activos) en relación al riesgo de mercado. Así, si  $r_i$  y  $r_m$  son las series de rendimientos de un activo  $i$  y del mercado, respectivamente, para un período de tiempo determinado, el coeficiente  $\beta$  del activo  $i$  se calcula mediante la expresión

$$\beta_i = \frac{\text{cov}(r_i, r_m)}{\text{var}(r_m)}$$

De este modo, el activo tendrá mayor riesgo sistemático (más volatilidad) que el mercado si el coeficiente beta es superior a 1; igual riesgo si es igual a 1; y menor riesgo si es inferior a 1. En caso de que sea negativo, la relación es inversa, es decir, la rentabilidad del activo aumentará cuando caiga la del mercado.

**a) Efecto tamaño**

Esta anomalía, detectada por Banz (1981) y Reinganum (1981), hace referencia a que los rendimientos de las empresas de menor tamaño (esto es, las de baja capitalización bursátil), son superiores a los de empresas de tamaño mayor, incluso tras ajustar el rendimiento esperado al riesgo. Esto significa que invirtiendo en empresas de baja capitalización bursátil se podrían obtener rentabilidades superiores a las que indica el CAMP, pues este modelo no refleja el mayor riesgo derivado de invertir en una empresa de las denominadas “pequeñas”.

**b) Efecto PER**

Este efecto justifica los rendimientos significativamente distintos a los que cabría esperar (medidos por el CAMP) en base al ratio *price to earnings (PER)*<sup>18</sup>, el cual tiene poder explicativo sobre el rendimiento esperado, tal y como demuestran Ball (1978) y Basu (1983)<sup>19</sup>. Así, los títulos que presentan un valor bajo del ratio *PER* proporcionan rentabilidades superiores a las esperadas, mientras que los títulos que tienen un valor elevado del citado ratio dan lugar a rentabilidades más bajas.

**c) Efecto book-to-market**

Aunque este efecto fue detectado por primera vez por Rosenberg, Reid y Lanstein (1985), serían Chan, Hamao y Lakonishok (1991)

---

<sup>18</sup> Si el valor de cotización de las acciones de una empresa en un instante determinado es *P*, el ratio *PER* de la acción (o de la empresa) viene dado por la expresión

$$PER = \frac{P}{BPA}$$

donde *BPA* es el beneficio por acción en un determinado período de tiempo (normalmente 12 meses), que resulta del cociente entre el beneficio neto de la empresa después de impuestos y el número de acciones que ha emitido.

<sup>19</sup> Puesto que Ball (1978) y Basu (1983) trabajan con la inversa del ratio *PER* (*earnings-price ratio*), utilizada habitualmente para evitar la indeterminación que se produce en el ratio *price to earn* cuando las ganancias son cero (división por cero), los comentarios de este apartado se han adaptado convenientemente para poder expresarlos en términos del ratio *PER*.

quienes lo popularizaron. En concreto, se basa en el ratio *book-to-market* ( $B/P$ ) que mide la relación entre el valor contable o de libro de los activos y el valor de mercado de los mismos<sup>20</sup>. De esta forma, la rentabilidad media de las acciones cuya relación *valor contable/valor de mercado* es pequeña, resulta ser significativamente mayor a la rentabilidad media de las acciones considerada “normal”. Asimismo, un ratio  $B/P$  relativamente elevado se corresponde con acciones cuya rentabilidad media es inferior a la que se considera normal.

### 2.3.3. Otras anomalías

Finalmente, existen otra serie de anomalías del mercado financiero que no se pueden enmarcar en ninguno de los dos grupos anteriores. Este tipo de anomalías consideran la posibilidad de que los inversores puedan predecir los cambios de sentido en la rentabilidad, siendo las más destacadas los efectos *sobrerreacción* e *infrarreacción*. Dichos efectos hacen referencia a la excesiva reacción que experimentan las cotizaciones de los valores de las empresas cuando llega nueva información al mercado<sup>21</sup>, y dependiendo de que los inversores otorguen más o menos valor a la información reciente que a la más antigua se producirá uno u otro efecto.

#### **a) Efecto *sobrerreacción***

Este efecto justifica la excesiva reacción de las cotizaciones con el hecho de que los inversores, al llevar a cabo un análisis sobre las perspectivas de las empresas que cotizan, se comportan sobrevalorando

---

<sup>20</sup> Los trabajos de Penman (1991, 1996) y Fama y French (1995) son una evidencia empírica de la utilidad del ratio  $B/P$  como instrumento para caracterizar empresas más o menos rentables.

<sup>21</sup> Keynes, en su obra de 1936, ya hablaba de la excesiva influencia que tenían en el mercado las fluctuaciones diarias de los beneficios de las inversiones realizadas, las cuales, según el autor, son de carácter efímero y no significativo.

la información más reciente e infravalorando los datos que definen la trayectoria pasada de las mismas. Es por ello, que de producirse esta anomalía, la estrategia de inversión que se podría llevar a cabo sería vender las acciones cuyos valores hayan experimentado mayores alzas en sus cotizaciones y comprar las que hubiesen sufrido grandes descensos.

***b) Efecto infrarreacción***

Esta anomalía es fruto de la situación contraria en la que se manifiesta el efecto anteriormente comentado. Así, en este caso, la excesiva reacción de las cotizaciones de los valores de las empresas está ocasionada porque los inversores infravaloran la información y los acontecimientos más recientes, otorgando mayor importancia a los datos existentes y trayectoria de las empresas analizadas. Por tanto, en este contexto, la estrategia a llevar a cabo por los inversores consistiría en vender las acciones cuya trayectoria en el pasado no ha tenido un buen comportamiento y vender aquellas que hayan mostrado una mala trayectoria histórica, pese a que las últimas noticias llegadas al mercado auguren futuras rentabilidades.

## Capítulo 3

# Modelización de la hipótesis de mercado eficiente

---

Este capítulo se centra en el desarrollo histórico de la modelización de la hipótesis de mercado eficiente, que se fraguó a partir de la evolución que fué experimentando la concepción de la citada hipótesis, hasta desembocar en el modelo teórico de fijación de precios con el que se suele identificar la misma: el denominado modelo de paseo aleatorio en cualquiera de sus tres formas (1, 2 ó 3).

### 3.1. Modelos de paseo aleatorio y martingala

Las primeras aportaciones en relación con la hipótesis de mercado eficiente (desde Bachelier, 1900, hasta los trabajos empíricos de Cowles, 1933, 1944; Working, 1934; Kendall, 1953; Osborne, 1959; Roberts, 1959) condujeron hacia la idea de que el modelo teórico consistente con la citada hipótesis era el de paseo aleatorio. Formalmente, para los procesos

estocásticos<sup>1</sup>  $\{p_t\}$  y  $\{r_t\}$  ya definidos en la sección 1.1 del Capítulo 1, la expresión de un paseo aleatorio es

$$p_t = p_{t-1} + r_t \quad (3.1)$$

donde  $r_t \sim \text{IID}(0, \sigma^2)$ , es decir, es un proceso independiente e idénticamente distribuido (IID) con media 0 y varianza  $\sigma^2$ . Aunque inicialmente no se hacían supuestos explícitos sobre la distribución de  $r_t$ , con frecuencia, implícitamente se suponía que su distribución era normal.

Si se considera que los procesos se inician en  $t_0 = 0$ , la sustitución recursiva<sup>2</sup> en (3.1) conduce a la expresión

$$p_t = p_0 + \sum_{j=0}^{t-1} r_{t-j} \quad (3.2)$$

de donde se tiene que la esperanza y varianza condicionadas al valor inicial  $p_0$  son, respectivamente,

$$E[p_t | p_0] = p_0 \quad \text{y} \quad V(p_t | p_0) = t\sigma^2$$

lo que significa que el proceso (3.1) es estacionario en media, pero no en varianza (depende del tiempo).

---

<sup>1</sup> En el apartado A.2 del *Anexo de fundamentos teóricos* se incluye el concepto de proceso estocástico.

<sup>2</sup> En el apartado A.5 del *Anexo de fundamentos teóricos* se encuentra el resultado de la sustitución recursiva en la expresión de un paseo aleatorio sin deriva.

La expresión (3.2) permite ver los precios como sumas parciales de los rendimientos  $r_t$ , cuyas características según la formulación (3.1) suponen cambios en los precios impredecibles y aleatorios, lo cual es consustancial con las primeras versiones de la hipótesis de mercado eficiente.

Diversos estudios empíricos han puesto de manifiesto que los datos financieros suelen ser inconsistentes con el modelo (3.1). La principal inconsistencia es con el supuesto de constancia de la varianza de  $r_t$  (Kendall (1953) y más tarde Mandelbrot (1963) comprobaron que no se cumplía el supuesto de distribuciones idénticas en el modelo de paseo aleatorio debido a que la varianza de  $r_t$  no parecía mantenerse constante en el tiempo), lo cual deja claro que el modelo (3.1) no refleja la realidad de la dependencia temporal de la volatilidad de los rendimientos de los activos financieros<sup>3</sup>. Este hecho llevó al planteamiento del denominado *paseo aleatorio heterogéneo*, una versión del modelo (3.1) en la que  $r_t \sim I(0, \sigma_t^2)$ , es decir, es un proceso independiente pero no idénticamente distribuido.

Asimismo, la presencia de leptocurtosis y correlación temporal en las series de rendimientos analizadas en varios trabajos (Kendall, 1953; Working, 1960 y Moore, 1962), pusieron en duda los supuestos de normalidad e independencia temporal, respectivamente, que asume el modelo (3.1).

Por todo lo anterior, a mediados de los 60 se empezó a considerar que los requerimientos del modelo (3.1) eran muy restrictivos para

---

<sup>3</sup> En trabajos más recientes (Campbell et al. (1997), Loretan y Phillips (1994), Schwert (1989)) se ha justificado que el supuesto de igual distribución sobre  $r_t$  no es aceptable para los precios de los activos financieros en largos períodos de tiempo ya que su incumplimiento puede deberse a los numerosos cambios que en dicho período se producen en la economía y la tecnología.

representar la hipótesis de eficiencia financiera. Así, algunos autores reconocieron que un mercado podía ser eficiente aún cuando los rendimientos que recoge la expresión (3.1) no fuesen independientes e idénticamente distribuidos (IID). En ese sentido, Samuelson (1965) y Fama (1970), entendiendo el mercado como un juego justo, plantearon la idea de eficiencia, desde el punto de vista del proceso de la información, con el modelo menos restrictivo de *martingala*<sup>4</sup>. En este caso, si  $\Omega_t$  es el conjunto de información disponible en el instante  $t$ , se expresaría<sup>5</sup>

$$E[p_{t+1} | \Omega_t] = p_t \quad (3.3)$$

es decir, en un mercado eficiente es imposible predecir el futuro usando el conjunto de información, de manera que el mejor pronóstico para el precio de un activo en el instante  $t + 1$  es el precio de hoy. La formulación (3.3) implica

$$E[p_{t+1} - p_t = r_{t+1} | \Omega_t] = 0$$

lo cual refleja la idea de juego justo, y permite afirmar que el rendimiento  $r_t$  constituye una diferencia de martingala. En consecuencia, en este caso los cambios en los precios no solapados están incorrelados<sup>6</sup>, lo cual

---

<sup>4</sup> A este respecto LeRoy (1989) comenta:

*“...requiriendo independencia probabilística entre incrementos de precios sucesivos, el modelo de paseo aleatorio es simplemente muy restrictivo... sin embargo, una restricción más débil en los precios de los activos que aún captura la esencia del paseo aleatorio (el modelo de martingala), resultó ser más manejable”*

<sup>5</sup> En el apartado A.3. del *Anexo de fundamentos teóricos* se puede encontrar el concepto matemático de martingala.

<sup>6</sup> Una diferencia de martingala está incorrelada con cualquier función medible de sus retardos (Davidson, 1994, p. 230). Por otra parte, cambios en los precios no solapados vendrían dados por

$$(p_{t+k+1-j} - p_t), (p_{t-j} - p_{t-(k+1)}) \quad \text{para } j, k \geq 1, \text{ con } k \geq j$$



implica la ineficacia de cualquier regla lineal de predicción de los cambios en los precios basada en la información disponible (Campbell et al, 1997).

La formulación de martingala (3.3) permite reinterpretar la expresión (3.1) en la forma siguiente:

$$p_t = E[p_t | \Omega_{t-1}] + r_t = p_{t-1} + r_t$$

Donde  $r_t$  verifica las propiedades

- (i)  $E[|r_t|] < \infty$
- (ii)  $E[r_t | \Omega_{t-1}] = 0$

es decir,  $r_t$  constituye una diferencia de martingala que denotamos  $r_t \sim \text{DM}(0)$ .

La hipótesis de martingala fue considerada durante un tiempo condición necesaria para la eficiencia del mercado. En efecto, como ya se ha comentado un mercado es eficiente si los precios reflejan completamente toda la información disponible, lo cual implica que no es posible obtener beneficios negociando con dicha información; por consiguiente el valor esperado de los rendimientos (o cambios en los precios) condicionado a la información disponible debe ser cero. En este contexto, cuanto más eficiente es el mercado, más aleatoria es la secuencia de cambios en los precios generada por el mercado, y el mercado más eficiente de todos es aquel en el que los cambios en los precios son completamente aleatorios e impredecibles (Campbell et al., 1997).

No obstante, la hipótesis de martingala no impone restricción alguna en el riesgo de los activos<sup>7</sup>, sino que simplemente lo hace en los rendimientos esperados. De esta manera, si el rendimiento esperado de un activo es positivo debe reflejar la prima que exigen los inversores como compensación por el riesgo asumido. En consecuencia, la hipótesis de martingala no es condición suficiente ni necesaria para la determinación racional de los precios (LeRoy (1973), Rubinstein (1976) y Lucas (1978)) ya que no tiene en cuenta el riesgo del inversor en ningún caso.

La consideración de la aversión al riesgo es más consistente con la realidad del mercado, pues refleja el comportamiento racional del inversor, y condujo al enfoque de la eficiencia desde la perspectiva de las expectativas racionales. Si, además, se tienen en cuenta los costes necesarios para que los precios reflejen completamente la información disponible (costes de información y de transacción) con este nuevo enfoque nos acercamos aún más a la mencionada realidad del mercado. En este escenario (Pesaran, 2011), y en relación con una operación de arbitraje sobre un activo concreto, al inicio del instante  $t$  y para cada inversor  $i$  se debe tener en cuenta la prima de riesgo ( $\lambda_{it} > 0$ ), los costes de información y transacción por unidad invertida ( $\delta_{it} > 0$ ) y su conjunto de información ( $\Psi_{it}$ ). Por un lado, la condición de arbitraje establece para cada inversor  $i$  el valor subjetivo esperado del exceso de rendimiento del activo respecto de  $\Psi_{it}$

---

<sup>7</sup> Según Samuelson (1965), para que el modelo de martingala se cumpla es necesario que los participantes en el mercado sean neutrales al riesgo, además de tener expectativas comunes y conocer la ley de probabilidad que subyace a la formación de los precios de los activos (ver sección 2.1 del Capítulo 2). Esta neutralidad hacia el riesgo no implica el paseo aleatorio que, como ya ha comentado, es más restrictivo que la martingala.

$$\hat{E}_i[z_{t+1}|\Psi_{it}] = \lambda_{it} + \delta_{it} \quad (3.4)$$

mientras que desde el punto de vista de la valoración objetiva las expectativas racionales establecen

$$\hat{E}_i[z_{t+1}|\Psi_{it}] = E[z_{t+1}|\Psi_{it}] \quad \forall i \quad (3.5)$$

Tomando en (3.5) esperanzas condicionadas al conjunto de información  $\Omega_t$  respecto del cual se analiza la eficiencia, se tiene

$$E[\hat{E}_i[z_{t+1}|\Psi_{it}]|\Omega_t] = E[E[z_{t+1}|\Psi_{it}]|\Omega_t]$$

y como  $\Omega_t \subset \Psi_{it}$  resulta

$$E[\hat{E}_i[z_{t+1}|\Psi_{it}]|\Omega_t] = E[z_{t+1}|\Omega_t]$$

Sustituyendo (3.4) en la expresión anterior se tiene

$$E[z_{t+1}|\Omega_t] = E[\lambda_{it} + \delta_{it}|\Omega_t] = \rho_t \quad \forall i \quad (3.6)$$

condición que verifica el valor esperado del exceso de rendimiento del activo respecto del conjunto de información disponible  $\Omega_t$  bajo la hipótesis de expectativas racionales, donde  $\rho_t$  es una medida promedio que combina las primas de riesgo y los costes de información y transacción de los inversores participantes en el mercado. La hipótesis de expectativas racionales junto con el arbitraje perfecto aseguran que los inversores tengan las mismas expectativas de riesgo y costes de

información y transacción. Asimismo, la racionalidad y la disciplina de mercado anulan las diferencias individuales en gustos, habilidades en el manejo de la información y otros costes de transacción relacionados, que es la base teórica de la hipótesis de mercado eficiente desde la óptica de las expectativas racionales. Esto es compatible con

$$\lambda_{it} = \lambda_t + \varepsilon_{it}, \quad E[\varepsilon_{it} | \Omega_t] = 0$$

$$\delta_{it} = \delta_t + v_{it}, \quad E[v_{it} | \Omega_t] = 0$$

donde  $\varepsilon_{it}$  y  $v_{it}$  están distribuidos con media cero independientemente de  $\Omega_t$ , y  $\lambda_t$  y  $\delta_t$  son funciones conocidas del conjunto de información disponible  $\Omega_t$ , de manera que la expresión (3.6) queda

$$E[z_{t+1} | \Omega_t] = \lambda_t + \delta_t = \rho_t \quad \forall i$$

En el caso particular de neutralidad frente al riesgo y constancia de los costes de información y transacción asociados, la hipótesis anterior se reduce a

$$E[z_{t+1} | \Omega_t] = \text{constante} \quad \forall i$$

que se corresponde con la condición de diferencia de martingala, supermartingala o submartingala, según que la *constante* sea igual, inferior o superior a cero, respectivamente<sup>8</sup>.

Aunque es un hecho que los inversores racionales son adversos al riesgo, la hipótesis de martingala se satisface una vez que los

---

<sup>8</sup> Ver apartado A.3 del *Anexo de fundamentos teóricos*.

rendimientos de los activos se ajustan por el riesgo (Lucas (1978), Cox y Ross (1976), Harrison y Kreps (1979)). Por otra parte, LeRoy (1973) validó empíricamente la hipótesis de martingala en presencia de aversión al riesgo, al constatar que cambios en el rendimiento esperado de un activo debidos a cambios en las estimaciones de la aversión al riesgo suelen ser pequeños en comparación a las fluctuaciones reales del rendimiento de dicho activo en el corto plazo. Es más, posteriormente, el propio LeRoy (1989) llegó a afirmar que no se pierde mucho empíricamente si se ignora la aversión al riesgo.

Por otro lado, debemos recordar que la premisa de que la información tiene un coste solo cuestiona la eficiencia *fuerte*, ya que en el contexto de las formas *débil* y *semi-fuerte* se asume que la información se proporciona sin coste alguno (Fama, 1991).

## 3.2. Tipos de paseo aleatorio

Campbell et al. (1997) retomaron la idea de paseo aleatorio pero en base a la formulación

$$p_t = \mu + p_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

donde  $\mu$  es un término constante, y estableciendo condiciones sobre la estructura de dependencia del proceso  $\{\varepsilon_t\}$  (que los autores denominan incrementos) distinguen tres tipos de paseo aleatorio. Ahora bien, como en este caso el cambio en el precio o rendimiento es

$$p_t - p_{t-1} = r_t = \mu + \varepsilon_t$$

las condiciones que se fijan sobre los incrementos  $\{\varepsilon_t\}$  son extrapolables íntegramente a los rendimientos  $\{r_t\}$ .

**a) Paseo aleatorio 1 (RW1)<sup>9</sup>: Incrementos/Rendimientos IID**

En este primer tipo,  $\varepsilon_t$  es un proceso independiente e idénticamente distribuido con media 0 y varianza  $\sigma^2$ , o de forma abreviada  $\varepsilon_t \sim \text{IID}(0, \sigma^2)$ , lo cual implica que  $r_t \sim \text{IID}(\mu, \sigma^2)$ , de manera que la formulación (3.1) resulta ser un caso particular de este tipo de paseo aleatorio para  $\mu = 0$ . Bajo estas condiciones el término constante  $\mu$  queda como el cambio esperado en el precio o *deriva*. Si, además, se asume la normalidad de  $\varepsilon_t$ , la expresión (3.7) es equivalente a un movimiento browniano aritmético.

En este caso, la independencia de  $\varepsilon_t$  implica que el paseo aleatorio 1 es, además, un juego justo, pero en un sentido mucho más estricto que la martingala<sup>10</sup>, ya que la citada independencia no solo implica que los incrementos/rendimientos son incorrelados sino que cualesquiera funciones no lineales de los mismos son también incorreladas.

Finalmente, si se considera que los procesos implicados en (3.7) se inician en  $t_0 = 0$ , la correspondiente sustitución recursiva<sup>11</sup> bajo las condiciones del paseo aleatorio 1 lleva a la expresión

$$p_t = p_0 + t\mu + \sum_{j=0}^{t-1} \varepsilon_{t-j}$$

---

<sup>9</sup> Se ha mantenido la denominación original de los autores en la que las siglas RW corresponden a la expresión paseo aleatorio en inglés (*random walk*).

<sup>10</sup> Puesto que bajo las condiciones del RW1 se verifica  $E[r_t = p_t - p_{t-1} | \Omega_{t-1}] = \mu$ , el proceso  $\{p_t\}$  es una martingala cuando  $\mu = 0$ .

<sup>11</sup> En el apartado A.4 del *Anexo de fundamentos teóricos* se encuentra el desarrollo completo de la sustitución recursiva en la expresión de un paseo aleatorio con deriva.

de donde resulta que la esperanza y varianza condicionadas al valor inicial  $p_0$  son, respectivamente,

$$E[p_t | p_0] = p_0 + t\mu \quad \text{y} \quad V(p_t | p_0) = t\sigma^2$$

ambas linealmente dependientes del tiempo, lo que significa que el paseo aleatorio 1 no es estacionario en media y tampoco lo es en varianza. En realidad, esta no estacionariedad también está presente en los dos tipos de paseo aleatorio que se estudian a continuación.

**b) *Paseo aleatorio 2 (RW2): Incrementos/Rendimientos independientes***

Para este tipo de paseo aleatorio,  $\varepsilon_t$ , y por extensión  $r_t$ , es un proceso independiente pero no idénticamente distribuido (INID), estando contenido el RW1 como caso particular.

Esta versión del paseo aleatorio da cabida a procesos de generación de precios más generales y, al mismo tiempo, más acordes a la realidad del mercado pues, por ejemplo, permite heterocedasticidad no condicional en  $r_t$ , teniendo así en cuenta la dependencia temporal de la volatilidad característica de las series financieras (en este caso el paseo aleatorio 2 se correspondería con lo que anteriormente se denominó paseo aleatorio heterogéneo).

**c) Paseo aleatorio 3 (RW3): Incrementos/Rendimientos incorrelados**

Bajo esta denominación,  $\varepsilon_t$ , y por consiguiente  $r_t$ , es un proceso que no es independiente, ni está idénticamente distribuido, pero es incorrelado, es decir, se contemplan casos como

$$Cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = 0 \quad \forall k \neq 0 \quad \text{pero} \quad Cov(\varepsilon_t^2, \varepsilon_{t-k}^2) \neq 0 \quad \text{para algún } k \neq 0$$

lo que quiere decir que puede haber dependencia pero no correlación.

Esta es la versión más débil de la hipótesis de paseo aleatorio que contiene a los tipos 1 y 2 como casos especiales.

Como ya se ha comentado anteriormente, los datos financieros suelen rechazar el paseo aleatorio 1, principalmente, por incumplir el supuesto de constancia de la varianza de  $r_t$ . En cambio, los paseos aleatorios 2 y 3 se ajustan mejor a la realidad financiera pues permiten la existencia de heterocedasticidad (condicional o no condicional) en  $r_t$ . En consecuencia, podríamos decir que el tipo de paseo aleatorio que está más cerca de la martingala es el RW2 (en realidad, los tipos de paseo aleatorio 1 y 2 cumplen las condiciones de la martingala, pero en un sentido más estricto (Bailey, 2005)).

Las hipótesis de paseo aleatorio, en sus tres versiones, y la de martingala quedan recogidas en una expresión que mide el tipo de dependencia que puede existir entre los rendimientos  $r$  de un activo determinado en dos instantes de tiempo,  $t$  y  $t+k$ ,

$$Cov(f(r_t), g(r_{t+k})) = 0, \quad \forall t, \quad \forall k \neq 0 \quad (3.8)$$



donde, en principio,  $f(\cdot)$  y  $g(\cdot)$  son dos funciones arbitrarias, y que es entendida como una condición de ortogonalidad. Ahora bien, la elección adecuada de  $f(\cdot)$  y  $g(\cdot)$  en cada caso hace que (3.8) represente la condición propia, bien de la hipótesis del paseo aleatorio correspondiente, o bien de la hipótesis de martingala. En concreto,

- si la condición (3.8) solo se verifica en el caso de que  $f(\cdot)$  y  $g(\cdot)$  sean funciones lineales, significa que los rendimientos son incorrelados pero no independientes, lo cual se identifica con el RW3. En este contexto, la proyección lineal de  $r_{t+k}$  sobre el conjunto de sus valores pasados  $\Omega_t$  verifica

$$\text{Proy}(r_{t+k} | \Omega_t) = \text{constante}, \quad \forall t, \quad \forall k \geq 1$$

- si la condición (3.8) solo se verifica en el caso de que  $g(\cdot)$  sea una función lineal no estando  $f(\cdot)$  restringida, quiere decir que los rendimientos están incorrelados con cualquier función de sus valores pasados, lo cual se corresponde con la hipótesis de martingala. En este caso, se cumple

$$E[r_{t+k} | \Omega_t] = 0, \quad \forall t, \quad \forall k \geq 1$$

- si la condición (3.8) se verifica para cualesquiera  $f(\cdot)$  y  $g(\cdot)$ , resulta que los rendimientos son independientes, lo que se corresponde con RW1 y RW2. En este caso, se verifica

$$f.d.(r_{t+k} | \Omega_t) = f.d.(r_{t+k}), \quad \forall t, \quad \forall k \geq 1$$

donde *f.d.* denota función de densidad de probabilidad.

La Tabla 3.1 recoge de manera resumida las hipótesis que se derivan de la expresión (3.8).

**Tabla 3.1:** Clasificación de las hipótesis de martingala y de paseo aleatorio (en sus tres versiones) en el contexto de mercado eficiente

$Cov(f(r_t), g(r_{t+k})) = 0$	$g(r_{t+k}), \forall g(\cdot)$ lineal	$g(r_{t+k}), \forall g(\cdot)$	
$f(r_t), \forall f(\cdot)$ lineal	<p style="text-align: center;"><b>RW3:</b> <math>r_t</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No independiente</li> <li>• No idénticamente distribuido</li> <li>• Incorrelado</li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>Proy(r_{t+k}   \Omega_t) = constante, \quad \forall k \geq 1</math></p>	-----	
$f(r_t), \forall f(\cdot)$	<p style="text-align: center;"><b>Martingala:</b> <math>r_t</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorrelado con cualquier función de sus valores pasados</li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>E[r_{t+k}   \Omega_t] = 0 \quad \forall k \geq 1</math></p>	<p style="text-align: center;"><b>RW1 y RW2:</b> <math>r_t</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Independiente</li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>f.d.(r_{t+k}   \Omega_t) = f.d.(r_{t+k}) \quad \forall k \geq 1</math></p>	
		<p style="text-align: center;"><b>RW1:</b> <math>r_t</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idénticamente distribuidos</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>RW2:</b> <math>r_t</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No idénticamente distribuidos</li> </ul>
		<i>IID</i>	<i>INID</i>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Campbell et al. (1997)

---

## Capítulo 4

# Evaluación de la eficiencia de un mercado financiero

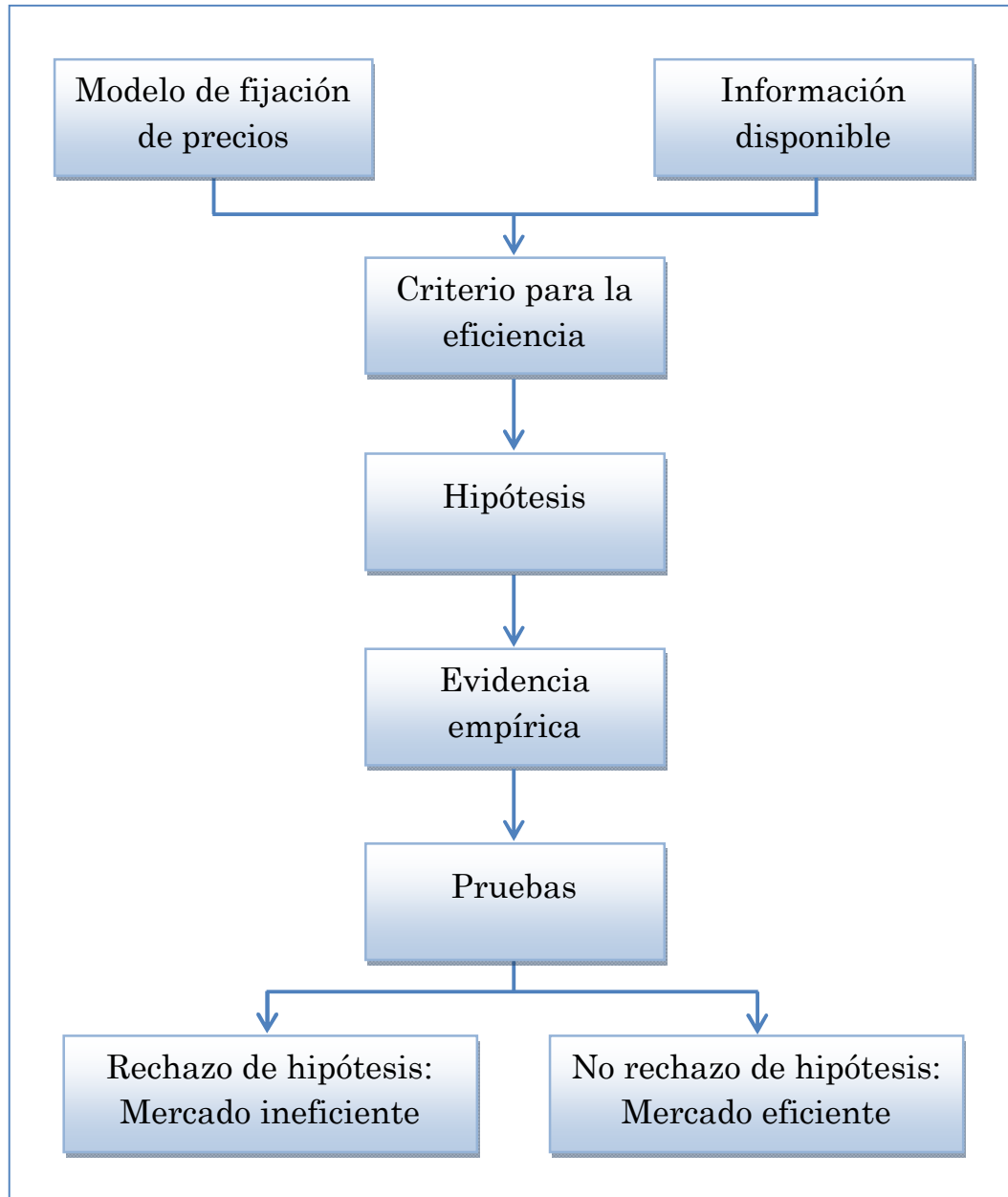
---

Para evaluar la eficiencia de un mercado financiero, Bailey (2005) propone un procedimiento haciendo valer la idea de *hipótesis conjunta* de Fama (1991), esto es, considerando, además de la información, la existencia de un modelo subyacente a la fijación de los precios de los activos. En concreto, en base al citado modelo y al conjunto de información disponible, se establece el criterio que determina la eficiencia del mercado que se traduce en una hipótesis contrastable. Así, mediante algún método o prueba diseñado para contrastar la hipótesis de eficiencia planteada se analiza si los datos recogidos (precios observados) evidencian o no dicha hipótesis, lo cual implicaría la eficiencia o ineficiencia del mercado, respectivamente. Todo este proceso queda recogido de forma esquemática en la Figura 4.1.

Es evidente que con el enfoque de este procedimiento la eficiencia de un mercado depende del modelo de fijación de precios y del conjunto de información asumidos. Esto significa que si la conclusión para un mercado es de eficiencia (ineficiencia) dados un modelo de fijación de

precios y un conjunto de información concretos, puede ocurrir que se concluya ineficiencia (eficiencia) si se asumen otro modelo y/o conjunto distintos.

**Figura 4.1:** Esquema del procedimiento para evaluar la eficiencia de un mercado



**Fuente:** Bailey (2005)

En este capítulo se describen los principales métodos propuestos para contrastar en un mercado la hipótesis de eficiencia en la forma que se derive del modelo de fijación de precios y conjunto de información

asumidos. Si se toma el conjunto de información como primer criterio de clasificación, los diferentes métodos de contraste quedan agrupados en alguna de las formas de eficiencia a las que pueden dar lugar los diferentes niveles de información: *débil*, *semi-fuerte* y *fuerte*.

En relación con los modelos de fijación de precios, los que habitualmente suelen asumirse son los modelos de paseo aleatorio y de martingala. Ahora bien, en la práctica, para obtener hipótesis contrastables derivadas del modelo de martingala suelen imponerse restricciones adicionales sobre las distribuciones de probabilidad subyacentes, lo cual da como resultado las condiciones de alguna de las versiones del modelo de paseo aleatorio<sup>1</sup> (Bailey, 2005, pp. 59-60). En consecuencia, se analizarán los métodos que asumen el paseo aleatorio como modelo de fijación de precios.

## 4.1. Métodos para contrastar la eficiencia en forma débil

Tal y como se definió en la sección 2.2 del Capítulo 2, la forma débil de la eficiencia asume que el conjunto de información disponible está constituido por la secuencia histórica de precios, de manera que en cada instante  $t$  sería

$$\Omega_t = \{P_t, P_{t-1}, P_{t-2}, \dots\}_t \quad \Omega_t = \{p_t, p_{t-1}, p_{t-2}, \dots\} \quad \Omega_t = \{r_t, r_{t-1}, r_{t-2}, \dots\}$$

según que se trabaje con los precios, su logaritmo o los rendimientos, respectivamente.

---

<sup>1</sup> Las restricciones adicionales que habitualmente se imponen se corresponden con las condiciones del paseo aleatorio 1 o 2 que, como ya sabemos, cumplen la hipótesis de martingala en un sentido más estricto (ver apartados a) y b) de la sección 3.2. del Capítulo 3).

En el contexto de la forma débil de la eficiencia y asumiendo el paseo aleatorio (3.7) como modelo de fijación de precios del activo en cuestión se han propuesto diversos métodos para contrastar dicha eficiencia con arreglo al tipo de paseo aleatorio implícito en (3.7).

### 4.1.1. Paseo aleatorio 1 (RW1)

En este caso, en el modelo (3.7) es  $r_t \sim \text{IID}$ , y se consideran los siguientes métodos o procedimientos:

#### a) *Test de secuencias y reversas*

Test propuesto por Cowles y Jones (1937) para contrastar la hipótesis de RW1 (pero en el caso particular del modelo (3.7) sin deriva), analizando los signos de la serie histórica de rendimientos del activo en cuestión. En concreto, el estadístico del contraste se basa en la comparación de la frecuencia de *secuencias* (pares de rendimientos consecutivos con el mismo signo) y *reversas* (pares de rendimientos consecutivos con signo opuesto) presentes en la serie de rendimientos, de tal forma que su expresión es

$$\widehat{CJ} = \frac{N_s}{N_r}$$

donde  $N_s$  y  $N_r$  representan el número total de secuencias y reversas, respectivamente. Bajo la hipótesis nula, esto es, si  $r_t$  es independiente e idénticamente distribuido (con media 0 y varianza  $\sigma^2$ ) y, además, la distribución es simétrica, la probabilidad de que  $r_t$  sea positivo o negativo es 1/2. Esto significa que para cualquier par de rendimientos consecutivos una secuencia y una reversa son equiprobables, por lo que



$\widehat{CJ}$  debería ser aproximadamente igual a uno. Más formalmente, si la hipótesis nula es cierta, el estadístico  $\widehat{CJ}$  converge en probabilidad

$$\widehat{CJ} \xrightarrow{pr} 1$$

### b) *Test de rachas*

El test de rachas (*runs* en terminología anglosajona) está diseñado para contrastar la hipótesis nula de aleatoriedad de unos datos<sup>2</sup>, lo cual permite concluir que dichos datos u observaciones son independientes. Para ello, se basa en el número de rachas que presenta la muestra disponible, donde una *racha* es una secuencia de observaciones con una característica común precedida y seguida por observaciones que no presentan esa característica (observaciones consecutivas situadas bien por encima o bien por debajo de un valor de referencia, como la media muestral, mediana o moda, son las dos características comunes utilizadas habitualmente para definir una racha en el contexto de datos cuantitativos). En concreto, la idea es comparar el número total de rachas,  $N_{runs}$ , observado en una muestra de  $n$  datos con el número esperado de rachas que deberían de haber sucedido bajo la hipótesis nula (aleatoriedad). Y, aunque es claro que tanto un valor reducido como un valor elevado del estadístico  $N_{runs}$  es indicio de no aleatoriedad, la toma formal de una decisión requiere del conocimiento de la distribución muestral de  $N_{runs}$  la cual fue analizada con detalle por Mood (1940).

---

<sup>2</sup> Wald y Wolfowitz (1940) propusieron un test para contrastar la hipótesis nula de que dos variables estocásticas independientes tienen idéntica función de distribución que habitualmente se denomina test de rachas. La razón de esta denominación es que una aplicación específica del test de Wald-Wolfowitz permite contrastar la hipótesis de aleatoriedad de unos datos. No obstante, en este trabajo, y en aras de una mayor claridad, identificaremos test de aleatoriedad con test de rachas y al test de Wald-Wolfowitz lo denominaremos test de rachas de Wald-Wolfowitz.

Pues bien, como la hipótesis de RW1 establece que  $r_t \sim \text{IID}$ , es evidente que analizar la aleatoriedad de la serie de rendimientos del activo considerado mediante el test de rachas es una forma de contrastar la hipótesis de RW1. En este contexto, las rachas serían rendimientos consecutivos positivos o negativos observados en la serie disponible, y normalizando convenientemente el estadístico  $N_{runs}$  resultan estadísticos, con distribución asintótica normal, que son los que habitualmente se han utilizado como aplicación del test de rachas para contrastar la hipótesis de RW1. Dada una serie de  $n$  rendimientos, en la que se observan un total de  $n_1$  y  $n_2$  rendimientos positivos y negativos, respectivamente, (siendo  $n = n_1 + n_2$ ), entre los estadísticos construidos en la forma descrita destacan

$$z = \frac{N_{runs} - E[N_{runs}]}{\sqrt{Var(N_{runs})}} \simeq N(0,1) \quad (4.1)$$

con

$$E[N_{runs}] = \frac{2n_1n_2 + n}{n} \quad Var(N_{runs}) = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n)}{n^2(n-1)}$$

que no es más que una aplicación particular del test de rachas de Wald-Wolfowitz, y

$$z = \frac{N_{runs} - 2n\pi(1-\pi)}{2\sqrt{n\pi(1-\pi)(1-3\pi(1-\pi))}} \simeq N(0,1) \quad (4.2)$$

desarrollado por Wishart y Hirshfeld (1936) y donde  $\pi$  representa la probabilidad de que un rendimiento sea positivo (en la práctica,  $\pi$  se

estima directamente de la muestra de  $n$  rendimientos, de manera que sería  $\hat{\pi} = n_1 / n$ ).

La diferencia que existe entre los estadísticos (4.1) y (4.2) se debe al supuesto que, en cada uno, se realiza sobre  $n_1$  y  $n_2$  para normalizar  $N_{runs}$ . Así, en el caso de (4.1) se asume que  $n_1$  y  $n_2$  son valores fijos, mientras que para (4.2) se les consideran valores extraídos aleatoriamente de una población binomial, esto es, se asume que el tipo de rendimiento, positivo o negativo, es una variable aleatoria Bernoulli de parámetro  $\pi$ .

Existen otros estadísticos contruidos en forma análoga que incorporan aspectos de las rachas (por ejemplo, su longitud (Mood, 1940)), que no son tenidos en cuenta por los dos anteriores y que, de igual manera, pueden adaptarse para contrastar la hipótesis de RW1.

En cualquier caso, puesto que todos los estadísticos resultan de normalizar la variable  $N_{runs}$ , que es discreta, e invariablemente la distribución asintótica de todos ellos es normal, se recomienda aplicar una corrección por continuidad en las expresiones de dichos estadísticos (Siegel y Castellan, 1988).

### **c) Tests basados en las autocorrelaciones**

Bajo cualquiera de las tres versiones de la hipótesis de paseo aleatorio, la serie de rendimientos  $r_t$  está incorrelada y, en el caso del RW1, además, es estacionaria. Por consiguiente, la correspondiente función de autocorrelación es nula para todos los retardos, es decir,

$$\rho(k) = \frac{Cov[r_t, r_{t+k}]}{\sqrt{Var(r_t)}\sqrt{Var(r_{t+k})}} = \frac{Cov[r_t, r_{t+k}]}{Var(r_t)} = \frac{\gamma(k)}{\gamma(0)} = 0, \quad \forall k \quad (4.3)$$

donde las igualdades segunda y tercera resultan de la estacionariedad en covarianza de  $r_t$ . En este contexto, se han diseñado tests que, contrastando la nulidad de los coeficientes de autocorrelación de la serie de rendimientos, permiten analizar la condición de incorrelación necesaria para los tres tipos de paseo aleatorio. Los estadísticos de dichos tests se basan en el estimador convencional de (4.3) que para una muestra de tamaño  $n$  es

$$\hat{\rho}(k) = \frac{\hat{\gamma}(k)}{\hat{\gamma}(0)}$$

donde

$$\hat{\gamma}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (r_t - \bar{r})(r_{t+k} - \bar{r}) \quad 0 \leq k < n$$

Anderson (1942) demuestra que la distribución de  $\hat{\rho}(k)$  bajo la hipótesis  $\rho(k) = 0$  es aproximadamente normal.

### c.1) Test de Bartlett

Dada una serie temporal estacionaria  $r_t$ , el contraste de nulidad de su función de autocorrelación  $\rho(k)$  para retardos  $k > q$

$$\begin{cases} H_0 : \rho(k) = 0 \\ H_1 : \rho(k) \neq 0 \end{cases} \quad (4.4)$$

basado en el estadístico

$$Z_{k,q} = \frac{\hat{\rho}(k)}{\sqrt{\text{Var}(\hat{\rho}(k))}} \quad (4.5)$$

cuya distribución asintótica es una normal estándar (según se deduce del resultado de Anderson (1942)), permite determinar si dicha función de autocorrelación se anula a partir del retardo  $q$ . Habitualmente, la varianza de  $\hat{\rho}(k)$  en (4.5) se aproxima con la expresión que propuso Bartlett (1946)

$$\text{Var}(\hat{\rho}(k)) \approx \frac{1}{n} \left( 1 + 2 \sum_{j=1}^q \hat{\rho}_j^2 \right)$$

Ahora bien, si resulta que para  $q=0$  no se rechaza la hipótesis nula para ningún valor de  $k > q$ , se concluye que la serie es incorrelada. Por tanto, si se tienen en cuenta los supuestos en los que se basa el test, su aplicación para el caso  $q=0$  es una forma de contrastar la condición de incorrelación de la hipótesis de paseo aleatorio. En este caso particular (lo que algunos autores denominan *test de Bartlett*), es

$$\text{Var}(\hat{\rho}(k)) \approx \frac{1}{n}$$

de manera que el estadístico (4.5) queda

$$Z_{k,0} = \frac{\hat{\rho}(k)}{\sqrt{\frac{1}{n}}} = \sqrt{n} \hat{\rho}(k) \approx N(0,1)$$

c.2) Procedimiento basado en la metodología Box-Jenkins

En la fase de identificación de la metodología propuesta por Box y Jenkins (1970) para el análisis univariante de series temporales, el objetivo es determinar los órdenes del proceso ARMA que ha podido generar la serie estacionaria objeto de estudio. Es por ello que, para una serie temporal estacionaria  $r_t$ , sugieren realizar, además del contraste (4.4), un contraste de nulidad análogo de su función de autocorrelación parcial  $\rho^*(k)$  para  $k > p$

$$\begin{cases} H_0 : \rho^*(k) = 0 \\ H_1 : \rho^*(k) \neq 0 \end{cases} \quad (4.6)$$

en base al estadístico

$$Z_{k,p}^* = \frac{\hat{\rho}^*(k)}{\sqrt{\text{Var}(\hat{\rho}^*(k))}}$$

cuya distribución asintótica, bajo  $H_0$ , es una normal estándar y donde<sup>3</sup>

$$\text{Var}(\hat{\rho}^*(k)) \approx \frac{1}{n}$$

con independencia de  $p$ , por lo que finalmente queda

---

<sup>3</sup> Dado un conjunto de  $n$  observaciones para la serie  $r_t$ , un estimador de la autocorrelación parcial entre  $r_t$  y  $r_{t+k}$  es

$$\hat{\rho}^*(k) = \frac{|\mathbf{C}_k^*|}{|\mathbf{C}_k|} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

donde  $\mathbf{C}_k$  es la matriz de correlaciones estimadas de las variables  $r_t, r_{t+1}, \dots, r_{t+k-1}$ , y  $\mathbf{C}_k^*$  es la matriz que resulta de sustituir la última columna de  $\mathbf{C}_k$  por los valores  $\hat{\rho}(1), \hat{\rho}(2), \dots, \hat{\rho}(k)$ .

$$Z_{k,p}^* = \sqrt{n} \hat{\rho}^*(k) \approx N(0,1)$$

Puesto que con ambos tests ((4.4) y (4.6)) se determina a partir de qué retardos ( $q$  y  $p$ ) se anulan las respectivas funciones de autocorrelación (simple y parcial), en caso de que se concluya que  $q = p = 0$  se debe admitir que la serie  $r_t$  es un ruido blanco, lo cual implicaría la incorrelación de la misma.

c.3) Test de Box-Pierce

Box y Pierce (1970) proponen contrastar de forma conjunta la nulidad de las  $k$  primeras autocorrelaciones de una serie estacionaria  $r_t$

$$\begin{cases} H_0 : \rho(1) = \rho(2) = \dots = \rho(k) = 0 \\ H_1 : \rho(j) \neq 0 \quad \text{para algun } j \leq k \end{cases} \quad (4.7)$$

en base al estadístico

$$Q(k) = n \sum_{j=1}^k \hat{\rho}^2(j) \quad (4.8)$$

y como bajo la hipótesis nula  $\hat{\rho}(j)$  es aproximadamente normal para cada  $j$ , resulta que la distribución asintótica de (4.8), cuando  $H_0$  es cierta, es una  $\chi^2(k)$ . En este caso, el no rechazo de la hipótesis nula para diferentes valores de  $k$  implicaría admitir la incorrelación de la serie.

En consecuencia, como el RW1 establece que la serie de rendimientos  $r_t$  debe ser estacionaria e incorrelada, el test de Box-Pierce es útil para contrastar esta condición.

c.4) Test de Ljung-Box

Ljung y Box (1978) propusieron contrastar las hipótesis (4.7) en base a una corrección del estadístico de Box-Pierce para muestras finitas

$$\tilde{Q}(k) = n(n+2) \sum_{j=1}^k \frac{\hat{\rho}^2(j)}{n-j}$$

cuya distribución asintótica bajo la hipótesis nula sigue siendo una  $\chi^2(k)$ . Este test, que evidentemente también permite contrastar la condición de incorrelación que requiere la hipótesis de paseo aleatorio, resulta más potente que el de Box-Pierce para tamaños muestrales pequeños.

c.5) Test ratio-varianza

Lo y MacKinlay (1988) proponen una forma de contrastar la condición de incorrelación que requiere la hipótesis de paseo aleatorio basada en la varianza de los incrementos  $p_t - p_{t-k}$ , o lo que es igual, la varianza de la suma de los  $k$  primeros valores de la serie  $r_t$ , pues

$$p_t - p_{t-k} = r_t + r_{t-1} + r_{t-2} + \dots + r_{t+1-k}$$

La expresión de dicha varianza es

$$Var(k) = Var\left(\sum_{i=1}^k r_{t+1-i}\right) = \sum_{i=1}^k Var(r_{t+1-i}) + 2 \sum_{j < i} cov(r_{t+1-i}, r_{t+1-j}) \quad (4.9)$$



y bajo la hipótesis nula es una función lineal del intervalo de tiempo<sup>4</sup>, es decir, verifica

$$Var^*(k) = Var\left(\sum_{i=1}^k r_{t+1-i}\right) = \sum_{i=1}^k Var(r_{t+1-i}) = kVar(r_t) \quad (4.10)$$

En concreto, el test propuesto se basa en la comparación de la varianza (4.9) con la varianza (4.10), formalizada a través del denominado estadístico ratio-varianza (*VR*)

$$VR(k) = \frac{Var(k)}{Var^*(k)} = \frac{\sum_{i=1}^k Var(r_{t+1-i}) + 2\sum_{j<i} cov(r_{t+1-i}, r_{t+1-j})}{kVar(r_t)}$$

y si se asume la estacionariedad de la serie,  $r_t$  la expresión anterior se reduce a

$$VR(k) = \frac{Var(k)}{Var^*(k)} = 1 + 2\sum_{i=1}^{k-1} \left(1 - \frac{i}{k}\right) \rho(i) \quad (4.11)$$

donde  $\rho(i)$  es el coeficiente de autocorrelación de orden  $i$  de la serie  $r_t$ , es decir,  $VR(k)$  queda expresado como una combinación lineal ponderada de los  $k-1$  primeros coeficientes de autocorrelación de  $r_t$ . En consecuencia, el estadístico (4.11) tomará el valor 1  $\forall k$  bajo la hipótesis de incorrelación pues, como ya sabemos, dicha hipótesis implica  $\rho(k) = 0$ ,  $\forall k \geq 1$ .

---

<sup>4</sup> En realidad, la linealidad de la varianza de los incrementos  $p_t - p_{t-k}$  en un paseo aleatorio es una propiedad de los tres tipos de paseo aleatorio (Campbell et al., 1997, p. 48).

La aplicación del test requiere un estimador del estadístico (4.11), así como su correspondiente distribución muestral bajo la hipótesis nula. En este sentido, asumiendo que se dispone de una muestra de  $nk + 1$  observaciones de precios  $\{p_0, p_1, \dots, p_{nk}\}$  en el contexto del modelo (3.7), Lo y MacKinlay (1988) proponen el estimador

$$\widehat{VR}(k) = \frac{\widehat{Var}(k)}{\widehat{Var}^*(k)} = \frac{\bar{\sigma}_a^2}{\bar{\sigma}_c^2} \quad (4.12)$$

donde

$$\bar{\sigma}_a^2 = \frac{1}{nk-1} \sum_{i=1}^{nk} (p_i - p_{i-1} - \hat{\mu})^2 \quad \text{y} \quad \bar{\sigma}_c^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=k}^{nk} (p_i - p_{i-k} - k\hat{\mu})^2$$

siendo

$$\hat{\mu} = \frac{1}{nk} \sum_{i=1}^{nk} (p_i - p_{i-1}) = \frac{1}{nk} (p_{nk} - p_0) \quad m = k(nk - k + 1) \left(1 - \frac{k}{nk}\right)$$

Lo y MacKinlay (1988) sugieren una normalización del estimador (4.12) que proporciona el estadístico

$$\psi(k) = \sqrt{nk} \left( \widehat{VR}(k) - 1 \right) \left( \frac{2(2k-1)(k-1)}{3k} \right)^{-1/2}$$

cuya distribución asintótica bajo la hipótesis de incorrelación es una normal estándar.

Por otra parte, Chow y Denning (1993) proponen una modificación del test ratio-varianza de Lo y MacKinlay (1988) que permite contrastar la hipótesis nula para varios valores de  $k$  simultáneamente.

#### d) *Test BDS*

Brock, Dechert y Scheinkman (1987) proponen un test no paramétrico (*test BDS*) para contrastar la hipótesis nula de que una determinada serie temporal es independiente e idénticamente distribuida, aplicable, por tanto, para analizar la hipótesis de RW1. En este caso, el rechazo de la hipótesis nula implicaría la existencia de estructura de dependencia lineal y/o no lineal<sup>5</sup>.

En concreto, el test BDS se basa en el concepto de integral de correlación desarrollado por Grassberger y Procaccia (1983) que es una medida de la correlación espacial entre dos puntos de un espacio  $m$  dimensional. Para el caso de una serie de rendimientos  $r_t$  con  $n$  observaciones la expresión de dicha integral para una dimensión  $m$  (parámetro de inmersión) es

$$C_{m,n}(\varepsilon) = \frac{2}{(n-m+1)(n-m)} \sum_{s=1}^{n-m} \sum_{t=s+1}^{n-m+1} \prod_{j=0}^{m-1} H_{\varepsilon}(r_{s+j}, r_{t+j})$$

donde  $\varepsilon$  es una distancia prefijada suficientemente pequeña y  $H$  es la función de Heaviside, es decir,

$$H_{\varepsilon}(r_i, r_j) = \begin{cases} 1 & \text{si } |r_i - r_j| \leq \varepsilon \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

siendo  $|\cdot|$  la norma del máximo.

<sup>5</sup> El test BDS tiene potencia elevada frente a alternativas de no linealidad en varianza pero no en media, y de no linealidad en media (Campbell et al., 1997).

En este contexto el estadístico viene dado por la expresión<sup>6</sup>

$$W_{m,n}(\varepsilon) = \frac{\sqrt{n-m+1} \left( C_{m,n}(\varepsilon) - \left( C_{1,n-m+1}(\varepsilon) \right)^m \right)}{\hat{\sigma}_{m,n}(\varepsilon)}$$

donde  $\hat{\sigma}_{m,n}(\varepsilon)$  es un estimador de la desviación estándar asintótica de  $C_{m,n}(\varepsilon) - \left( C_{1,n-m+1}(\varepsilon) \right)^m$ , y cuya distribución asintótica bajo la hipótesis nula es una normal estándar.

### 4.1.2. Paseo aleatorio 2 (RW2)

Para el paseo aleatorio 2, en el modelo (3.7) se asume que  $r_t$  es un proceso independiente pero no idénticamente distribuido (INID). Ahora bien, contrastar independencia sin asumir distribuciones idénticas resulta muy complicado, particularmente para series temporales, pues no se podrían obtener las distribuciones muestrales de los estadísticos que se construyan para poder llevar a cabo el contraste.

No obstante, existen dos formas de contrastación empírica de la hipótesis de RW2 que no utilizan técnicas formales de inferencia estadística, y por ello se les considera tests “económicos” de la hipótesis de paseo aleatorio 2: *regla de los filtros* y *análisis técnico*.

#### a) *Regla de los filtros*

Alexander (1961) propone una técnica conocida como *regla de filtro* cuya aplicación consiste en comprar un activo cuando su precio se incrementa un  $x\%$  desde su último soporte y venderlo cuando su precio

---

<sup>6</sup> Se trata de la versión del estadístico que desarrolla Kanzler (1999).

disminuye un  $x\%$  desde la última resistencia<sup>7</sup>. Es decir, este autor establecía los niveles de precio de soporte y resistencia como mínimos y máximos, respectivamente, a partir de la serie histórica de precios del activo en cuestión desde la última transacción.

Esta técnica, pese a no aplicar inferencia estadística de manera formal, tiene una gran aceptación en la disciplina financiera al resultar para la misma de gran interés la comparación de los resultados obtenidos mediante gestión activa y pasiva de carteras. En concreto, en este caso, la gestión activa es la que se realiza mediante la aplicación de filtros de Alexander, mientras que la gestión pasiva es la que consiste en comprar un activo al principio del período de estudio y venderlo al final del mismo, actuación conocida como *comprar y mantener (buy-and-hold)*.

En este contexto, el rendimiento total derivado de la estrategia activa o dinámica de una cartera se considera una medida de la previsibilidad de los rendimientos de los activos. En consecuencia, para llevar a cabo la verificación de la hipótesis de paseo aleatorio 2, se comparan los rendimientos derivados de ambas estrategias, de manera que se acepta la hipótesis de independencia si los rendimientos que se obtienen con una estrategia de gestión activa, no superan a los que se obtienen con una gestión pasiva.

---

<sup>7</sup> Un *soporte* es un nivel de precio en el que la demanda del activo es suficientemente elevada para detener, de forma temporal, un movimiento bajista del precio y posiblemente cambiar su dirección. En concreto, en una tendencia bajista en la que los niveles de soporte van interrumpiendo los movimientos descendentes del precio, la repetición de los mismos logra que dicha tendencia cambie. Por el contrario, la *resistencia* es un nivel de precio en el que la presión de venta supera a la de compra originando un exceso de oferta que deriva en la detención temporal de la subida de precios e incluso en un giro a la baja del mismo. Específicamente, cuando en una tendencia alcista los niveles de resistencia se van sobrepasando de forma sucesiva, originan en algún momento un cambio de tendencia de alcista a bajista.

## **b) Análisis técnico**

El análisis técnico, introducido en 1880 por Charles Henry Dow, es una metodología analítica que analiza las pautas de comportamiento que pueden exhibir la serie histórica de precios, el volumen de negociación y otras estadísticas del mercado, relacionadas con un activo financiero (normalmente en forma gráfica) con el objetivo de identificar tendencias en los movimientos futuros del precio, y alcanzar con ello posiciones ventajosas en el mercado. De una manera formal, Edwards y Magee (1966) establecieron la siguiente definición:

*“El análisis técnico es la ciencia que se ocupa de registrar, normalmente en forma gráfica, la historia real de las transacciones (cambios en el precio, volumen de transacciones, etc.) para un cierto activo o índice de precios de un activo, para posteriormente deducir a partir de la evolución gráfica la tendencia futura más probable”*

Esta metodología, además de utilizar representaciones gráficas para llevar a cabo el análisis (lo que se conoce como *chartismo*), también hace uso de técnicas de tipo cuantitativo con la idea de eliminar la posible subjetividad derivada de la interpretación de un gráfico. En concreto, el análisis gráfico trata de identificar figuras características en la representación gráfica que se haya realizado. Por su parte, el análisis cuantitativo, que en base a una serie de herramientas estadísticas y/o matemáticas denominadas osciladores e indicadores técnicos, permite refrendar las posibles interpretaciones del análisis gráfico.

Con todo ello se hace patente que el análisis técnico se puede utilizar para llevar a cabo estrategias especulativas encaminadas a obtener beneficios, lo que se conoce como batir al mercado, en cuyo caso

éste no sería eficiente. Por el contrario, si del análisis técnico no se deriva ninguna estrategia de especulación que permita superar al mercado se admitiría la eficiencia del mismo, debiéndose llegar a la conclusión de que los cambios en los precios son impredecibles (independientes). Por tanto, el análisis técnico se puede utilizar como una forma indirecta de validación de la hipótesis de eficiencia del mercado (en concreto, de contrastación de la hipótesis de RW2) pese a no ser un test estadístico propiamente dicho. Para ello, la forma de proceder es determinar si la aplicación del análisis técnico permite obtener beneficios.

### **4.1.3. Paseo aleatorio 3 (RW3)**

Para contrastar la hipótesis de paseo aleatorio 3, caso que se da cuando en el modelo (3.7) se asume que  $r_t$  es un proceso incorrelado pero no independiente, ni idénticamente distribuido, se consideran los siguientes procedimientos:

#### **a) Test ratio-varianza**

Lo y Mackinley (1988) desarrollan una variante del test ratio varianza que permite contrastar la hipótesis de paseo aleatorio incorporando la posible heterocedasticidad de  $r_t$ . En concreto, analiza la versión 3 del paseo aleatorio en base al estadístico que resulta de normalizar el estimador (4.12), siendo su expresión

$$\psi^*(k) = \frac{\sqrt{nk}(\widehat{VR}(k) - 1)}{\sqrt{\hat{\theta}}}$$

donde

$$\hat{\theta}(k) = 4 \sum_{i=1}^{k-1} \left(1 - \frac{i}{k}\right)^2 \hat{\delta}_i$$

siendo

$$\hat{\delta}_i = \frac{nk \sum_{j=i+1}^{nk} (p_j - p_{j-1} - \hat{\mu})^2 (p_{j-i} - p_{j-i-1} - \hat{\mu})^2}{\left[ \sum_{j=1}^{nk} (p_j - p_{j-1} - \hat{\mu})^2 \right]^2}$$

y cuya distribución asintótica, que se obtiene bajo supuestos que sustentan la hipótesis de RW3, es una normal estándar.

En este caso, Chow y Denning (1993) también proponen una modificación al test descrito que permite contrastar la hipótesis de RW3 para varios valores de  $k$  simultáneamente.

### **b) Test de “efectos ARCH”**

Engle (1982) propone un test para contrastar la existencia de estructura ARCH en el término de error  $\varepsilon_t$  de un modelo econométrico, esto es, si dicho término presenta heterocedasticidad condicional autorregresiva<sup>8</sup>. En concreto, dada una serie  $r_t$  el correspondiente modelo de regresión ARCH de orden  $q$  sería

$$\begin{cases} r_t = f(\mathbf{X}_t \boldsymbol{\beta} | \Omega_{t-1}) + \varepsilon_t, & \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2), & \text{Var}(\varepsilon_t | \Omega_{t-1}) = \sigma_t^2 \\ \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 \end{cases} \quad (4.13)$$

---

<sup>8</sup> En el apartado A.6 del *Anexo de fundamentos teóricos* se encuentra el desarrollo del modelo ARCH propuesto por Engle (1982) para una serie  $X_t$ . Así, al identificar  $\varepsilon_t$  con  $X_t$ , se tiene  $\varepsilon_t = \sigma_t \alpha_t$  donde  $\sigma_t$  y  $\alpha_t$  son procesos independientes entre sí tales que  $\sigma_t$  es estacionario y  $\alpha_t$  es un ruido blanco normal estandarizado.



donde  $\mathbf{X}_t\boldsymbol{\beta}$  es una combinación lineal de variables endógenas y exógenas retardadas incluidas en el conjunto de información  $\Omega_{t-1}$ ,  $\sigma^2$  es la varianza marginal (no condicional) de  $\varepsilon_t$  y debe ser  $\alpha_0 > 0$ ,  $\alpha_1 \geq 0, \dots, \alpha_q \geq 0$  para garantizar que la varianza condicional  $\sigma_t^2$  sea estrictamente positiva. En este contexto, las hipótesis a contrastar son

$$\begin{cases} H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_q = 0 \\ H_1 : \text{al menos un } \alpha_j \neq 0, j = 1, \dots, q \end{cases} \quad (4.14)$$

de manera que el rechazo de la hipótesis nula permite concluir la existencia de heterocedasticidad condicionada en el término de error del modelo, mientras que el no rechazo de dicha hipótesis implica que  $\varepsilon_t \sim \text{IND}(0, \sigma^2)$ . El estadístico del contraste, que se basa en el multiplicador de Lagrange, es

$$LM = nR^2$$

donde  $n$  es el número de observaciones de la serie y  $R^2$  el coeficiente de determinación que resulta de estimar por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) el modelo

$$\hat{\varepsilon}_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \hat{\varepsilon}_{t-1}^2 + \alpha_2 \hat{\varepsilon}_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \hat{\varepsilon}_{t-q}^2 + u_t$$

en el que  $\hat{\varepsilon}_t^2$ , cuadrados de los residuos que se obtienen al estimar por MCO la primera ecuación del modelo (4.13), se toman como una variable “proxie” de la varianza ( $\hat{\sigma}_t^2 \approx \hat{\varepsilon}_t^2$ ). La distribución asintótica del estadístico bajo la hipótesis nula es una  $\chi^2(k)$ .

Una forma alternativa de contrastar los efectos ARCH en  $\varepsilon_t$  es analizando la nulidad de las  $q$  primeras autocorrelaciones simples de la serie  $\varepsilon_t^2$  mediante el test de Ljung-Box. En efecto, aceptar en este caso la hipótesis nula del test de Ljung-Box implica concluir que no existe estructura dinámica de orden  $q$  en  $\varepsilon_t^2$  y, por consiguiente, no habría heterocedasticidad condicional, que es la misma conclusión a la que conduce la hipótesis nula del contraste (4.14). Tal y como se indicó en el apartado c.4) de la sección 4.1.1, se tiene que el estadístico del contraste sería

$$\tilde{Q}(q) = n(n+2) \sum_{j=1}^q \frac{\hat{\rho}^2(j)}{n-j}$$

donde  $\hat{\rho}(j)$  es el coeficiente de autocorrelación simple de orden  $j$  estimado a partir de la serie  $\hat{\varepsilon}_t^2$ , siendo  $\hat{\varepsilon}_t$  los residuos resultado de la estimación de la primera ecuación del modelo (4.13) y cuya distribución asintótica, bajo la hipótesis nula, es una  $\chi^2(q-m)$ , donde  $m$  es el número de parámetros estimados en la citada ecuación.

En el contexto de una serie de rendimientos  $r_t$ , el caso particular de  $f(\cdot) \equiv cte = \mu$  permite contrastar la hipótesis nula de RW1 frente a la alternativa de RW3. En efecto, aceptar que no existen efectos ARCH lleva a admitir que  $\varepsilon_t \sim \text{IND}(0, \sigma^2)$  lo cual permite concluir que  $r_t \sim \text{IID}$ . En cambio, aceptar que existe heterocedasticidad condicionada en  $\varepsilon_t$  supone admitir la incorrelación de  $r_t$ , pero no su independencia.

#### 4.1.4. Tests de raíz unitaria

Los tests de raíz unitaria están diseñados para contrastar si existe una raíz de módulo uno en la parte autorregresiva del proceso generador de una serie temporal. Por tanto, dichos tests se podrían ver como una forma de contrastar la hipótesis de paseo aleatorio en el contexto que plantea el modelo (3.7). En efecto, considerando la alternativa habitual frente a la que se realizan estos tests

$$p_t = \rho\mu + (1 - \rho)\mu t + \rho p_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \rho \in (-1,1) \quad (4.15)$$

donde  $t$  es una tendencia determinista y  $\varepsilon_t$  se asume que es un proceso estacionario de media cero, la hipótesis de paseo aleatorio con deriva se corresponde con la hipótesis de igualdad a uno del coeficiente  $\rho$  en (4.15).

En general, los supuestos que se establecen sobre el término de error del modelo en el que se basan los tests de raíz unitaria se mantienen tanto bajo la hipótesis nula como bajo la alternativa. Tal es el caso de los tests que contrastan (3.7) frente a (4.15), es decir, bajo ambas hipótesis se mantienen los supuestos de estacionariedad y de media nula de  $\varepsilon_t$ . De esta forma, dichos tests se limitan a determinar si la serie  $p_t$  tiene *tendencia estocástica* (caso de aceptar  $\rho = 1$ ) o si, por el contrario, es *estacionaria alrededor de una tendencia*<sup>9</sup> (caso de admitir  $|\rho| < 1$ ), no permitiendo, por tanto, detectar la previsibilidad de la serie  $p_t$  (Campbell et al., 1997, p. 65). En consecuencia, los tests de raíz unitaria no deberían tomarse como pruebas de la hipótesis de paseo aleatorio.

---

<sup>9</sup> “*Trend stationary*” en terminología anglosajona.

## 4.2. Comprobación de la hipótesis de paseo aleatorio

En la descripción de los procedimientos se ha podido comprobar que algunos métodos no permiten contrastar un tipo de paseo aleatorio determinado sino alguna condición necesaria, pero no suficiente para su cumplimiento.

Por un lado, se tienen los métodos basados en las autocorrelaciones que en realidad solo contrastan la incorrelación de la serie de rendimientos (de ahí que también se les denomine *métodos lineales*<sup>10</sup>) de manera que el no rechazo de la hipótesis nula no debería implicar necesariamente la aceptación del RW1.

En efecto, estas pruebas no detectan relaciones no lineales que, en caso de existir, supondrían la dependencia de la serie y, por consiguiente, se debería rechazar la hipótesis de RW1 (a pesar de haber aceptado la incorrelación de la serie)<sup>11</sup>.

Algo similar ocurre con las pruebas que tratan de detectar efectos ARCH donde el rechazo de la hipótesis nula, esto es, la aceptación de relaciones no lineales no debe llevarnos a admitir RW3 pues, ello no implica necesariamente que la serie sea incorrelada.

Por tanto, cuando un método lineal ponga de manifiesto la incorrelación de la serie de rendimientos, se propone aplicar una prueba de efectos ARCH para determinar qué tipo de paseo es, 1 ó 3.

---

<sup>10</sup> A los procedimientos que tratan de detectar relaciones no lineales se les denomina métodos no lineales con independencia de que sean sensibles o no a la existencia de relaciones lineales.

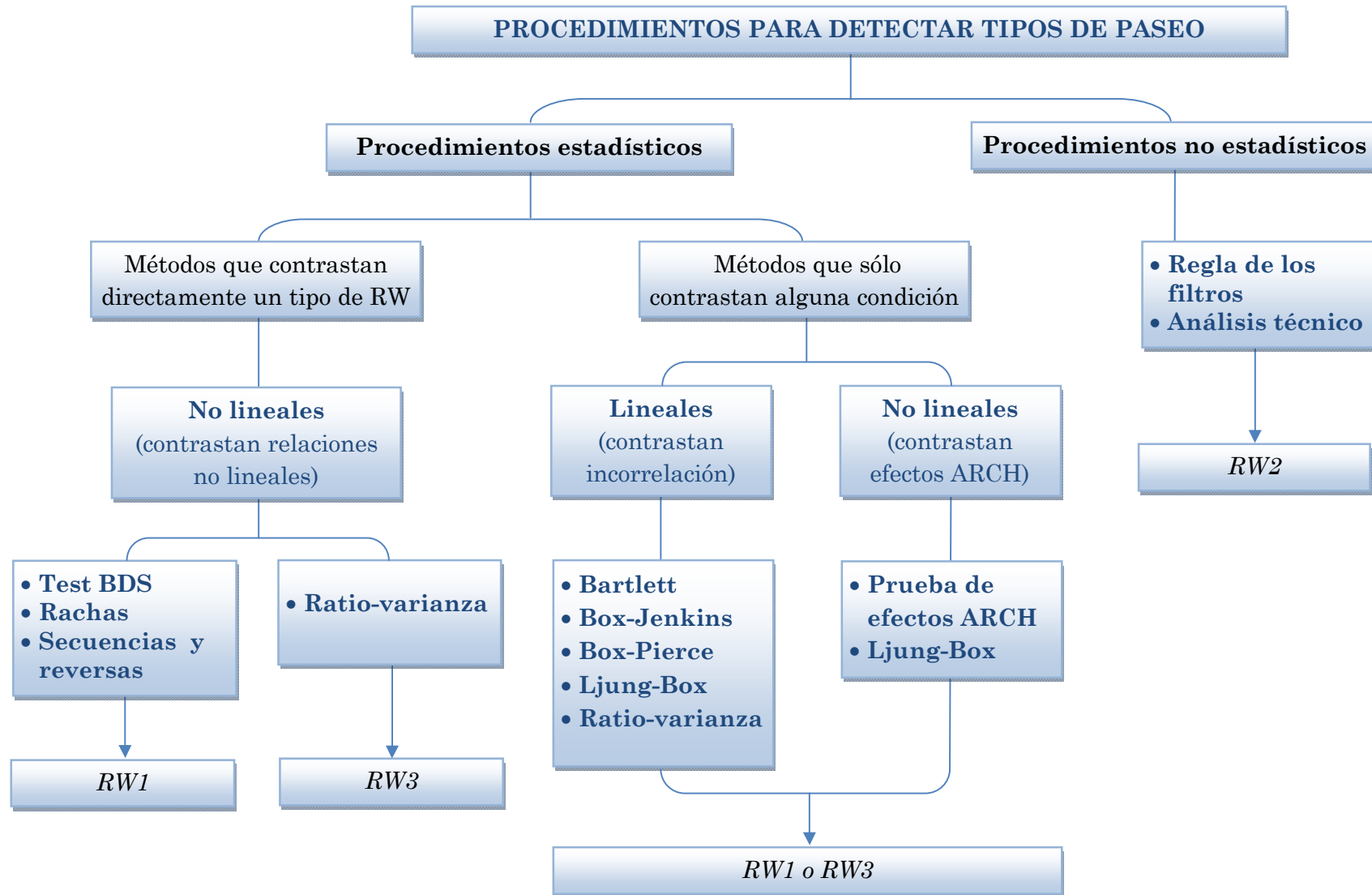
<sup>11</sup> Según Hinich et al. (2005) los sistemas económicos son no lineales y si dicha no linealidad es considerable es un error basarse en una aproximación lineal para hacer predicciones. Es por ello que estos autores afirman que contrastar la presencia de no linealidad es una forma de validar la linealidad de un sistema.

El resto de procedimientos permiten determinar directamente si la serie de rendimientos se ajusta a un tipo de paseo aleatorio concreto. Esto significa que los citados métodos consideran la posibilidad de relaciones no lineales en la serie de rendimientos, bien porque lo planteen la propia hipótesis nula, bien porque tienen potencia frente a alternativas que contemplan dichas relaciones (serían, pues, métodos no lineales).

Por tanto, cuando se rechaza la hipótesis nula con una prueba que contrasta el RW1, no se puede descartar que la serie sea RW3 por lo que, antes de afirmar que no estamos ante ningún tipo de paseo aleatorio, se propone comprobar este extremo mediante un método que permita su contraste.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto el análisis de la hipótesis de paseo aleatorio se puede llevar a cabo según el esquema de la Figura 4.2.

Figura 4.2: Estrategia de aplicación de los procedimientos (lineales y no lineales) para detectar el tipo de paseo aleatorio



## Capítulo 5

# Estudios empíricos de la hipótesis de eficiencia del mercado

---

La verificación de la hipótesis de mercado eficiente en cualquiera de sus formas requiere una contrastación empírica del cumplimiento de la misma, existiendo para ello diferentes metodologías, algunas de las cuales han sido expuestas en el capítulo anterior.

Aunque en la literatura se encuentran trabajos que analizan alguna de las tres formas de eficiencia, la gran mayoría de estudios empíricos se han centrado en contrastar la forma débil de la misma, tanto en mercados desarrollados como en los considerados *mercados emergentes*<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> El concepto de *mercados emergentes* surge a finales de los ochenta para referirse a aquellos países con un rápido crecimiento de su actividad económica, tanto a nivel interno como en lo que se refiere a sus relaciones comerciales con terceros países. Se trata de un crecimiento que no pueden presentar los mercados desarrollados, pero por contra la prima de riesgo suele ser mayor. Las firmas que se dedican a crear índices bursátiles fueron las primeras en identificar estos mercados y unificarlos bajo la etiqueta de emergentes. La firma MSCI (*Morgan Stanley Capital Indexes*), que en 1988 elaboró el primero de estos índices, actualmente clasifica como emergentes los

**a) Forma débil**

Tal y como comenta Fama (1970), en los trabajos anteriores a la taxonomía de la información que daría lugar a las tres formas de eficiencia que se conocen hoy día (*débil, semi-fuerte y fuerte*), se lleva a cabo la validación empírica de la eficiencia débil del mercado.

En la década de los treinta, destacan los trabajos de Cowles (1933) y Working (1934), los cuales analizaron la aleatoriedad en los cambios de los precios del mercado Norteamericano concluyendo que no era posible llevar a cabo estrategias de inversión que permitiesen batir al mercado. Estos hallazgos serían ratificados años después por los mismos autores (Cowles (1944) y Working (1949)), reforzando así, aún más, la teoría de mercados eficientes tan de moda en la época.

Tras estos primeros estudios centrados en Norteamérica, en la década de los cincuenta el interés en la eficiencia de los mercados financieros se extendió hacia el continente europeo. Así, Kendall (1953) en su trabajo, fundamentalmente basado en el mercado británico, y haciendo uso de técnicas como la correlación serial y la función de distribución de los datos, afirmó, por un lado, que ésta última era una normal y, por otro, la inexistencia de patrones de comportamiento en los cambios de los precios que permitiesen realizar predicciones futuras acerca de los mismos. De esta forma, estableció que si se obtuviesen beneficios en la cartera de inversión, éstos procederían de factores como la suerte o el uso de información privilegiada, entre otros.

Sin embargo, el mercado norteamericano continuaría acaparando la mayor parte de los trabajos empíricos, tal y como demuestran los

---

siguientes países: Brasil, Chile, Colombia, México, Perú, República Checa, Egipto, Grecia, Hungría, Polonia, Qatar, Rusia, Suráfrica, Arabia Saudí, Turquía, Emiratos Árabes, China, India, Indonesia, Corea, Malaysia, Filipinas, Taiwán, Thailandia.



principales estudios de final de década. Entre ellos destaca el trabajo de Osborne (1959) que, en su análisis del mercado de Nueva York, constató que el comportamiento de los cambios en el logaritmo de los precios se identificaba con el movimiento browniano. Por otro lado, Roberts (1959), analizando los cambios en el índice Dow Jones, concluyó que las variaciones en los precios de las acciones se comportan como una ruleta.

Aunque los años cincuenta serían reconocidos por muchos autores como el resurgir del interés por la eficiencia de los mercados (iniciado, como ya se ha comentado, en la década de los treinta), no sería hasta los sesenta cuando aparecen las aportaciones que sientan las bases del concepto de eficiencia, y como consecuencia de ello de la teoría de mercados eficientes (Fama (1965) y Samuelson (1965)), y la que da lugar a las distintas formas de eficiencia (Roberts, 1967). No obstante, dicha década comenzaría con trabajos empíricos similares a los hasta entonces publicados. Tal es el caso del estudio realizado por Moore (1962) quien, utilizando las primeras diferencias de los logaritmos de los precios para el mercado de Nueva York, se inclinó por la distribución normal de las mismas, y tras hacer uso de las pruebas de correlación, concluyó la impredecibilidad de los precios. Por el contrario, en el estudio llevado a cabo por Theil y Leenders (1965) sobre el mercado holandés, se detectan evidencias de correlación positiva en el índice de del mercado de valores de Amsterdam, lo cual supondría ineficiencia en el mismo. Por su parte, Fama (1965), al estudiar si los precios del mercado de Nueva York se comportaban como un paseo aleatorio (lo cual evidenciaría la eficiencia del mercado), detectó correlaciones que implicarían la posibilidad de predecir los rendimientos. Resultados similares obtuvo Fisher (1966), pues apreció correlaciones en los cambios en los precios del mercado neoyorquino, siendo éstas mayores cuando se consideran carteras diversificadas frente a las de acciones individuales y apuntó que este

hecho puede deberse a las transacciones no sincrónicas que se realizan en los mercados financieros. Finalmente, en el trabajo de Dryden (1970), las pruebas de correlación llevadas a cabo sobre los precios de las acciones del mercado británico ponen de manifiesto la existencia de relaciones lineales positivas que permitirían realizar predicciones de los rendimientos.

En los setenta empiezan a cobrar especial relevancia los *efectos estacionales o anomalías de calendario* a la hora de estudiar la eficiencia de los mercados, surgiendo metodologías que, al tener en cuenta la posible influencia de dichos efectos, suponen una alternativa a los tests de correlación que, hasta ese momento, se venían utilizando casi como única herramienta para validar la eficiencia débil en los mercados financieros. Uno de los primeros trabajos en hacer uso de estas metodologías fue el de Roseff y Kinney (1976), quienes analizaron la eficiencia del mercado de Nueva York considerando la posible influencia del *efecto mes de enero*, empleando pruebas de existencia de estacionalidad mensual en los rendimientos de dicho mercado. Los autores encontraron diferencias significativas entre los rendimientos de los distintos meses debido al gran aumento que éstos sufrían para el mes de enero, lo cual era inconsistente tanto con el modelo de martingala como con el movimiento browniano, por lo que se rechazaba la eficiencia débil del mercado en cuestión. Posteriormente, Gultekin y Gultekin (1983), detectaron el *efecto mes de enero* en once de diecisiete países industrializados en el período 1959-1979<sup>2</sup>, rechazando, por tanto, en los mercados correspondientes la forma débil de eficiencia<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Como ya se comentó en la sección (\*\*\*) , en el Reino Unido los autores detectaron un efecto equivalente al de cambio de año en el mes de abril, mes de inicio del ejercicio fiscal en dicho país.

<sup>3</sup> En el mercado español encontramos diversos trabajos que contrastan la eficiencia en su forma débil en dicho mercado considerando la posible influencia del *efecto mes de*

Por su parte, French (1980), en un intento de relacionar la rentabilidad del índice S&P<sub>500</sub><sup>4</sup> con el día de la semana en el que se produce, detectó la influencia que tenían en dicha rentabilidad los días que el mercado se encuentra cerrado durante el fin de semana (la rentabilidad media de los lunes era negativa y significativamente inferior a la del resto de día de negociación de la semana), hecho, que según el autor, podría llevar a la conclusión de la ineficiencia del mercado.

Dejando a un lado los efectos estacionales, en la década de los ochenta destacan otros trabajos como el de Conrad y Kaul (1988) quienes, en un intento de salvar el problema que podrían suponer las transacciones no sincrónicas apuntadas por Fisher (1966) a la hora de comprobar la eficiencia débil del mercado, realizaron su estudio sobre los rendimientos medidos al cierre del mercado de miércoles a miércoles para carteras de acciones del mercado norteamericano agrupadas según tamaño, detectando correlación en sus pruebas. Lo y MacKinlay (1988) encontraron resultados similares a los anteriores al analizar los rendimientos obtenidos de diferentes carteras de acciones, pertenecientes también al mercado estadounidense, agrupadas por el tamaño de las mismas.

La década de los noventa supone una floración de numerosos estudios empíricos sobre eficiencia caracterizada por la heterogeneidad en las metodologías utilizadas para el contraste de la misma. Todo ello unido al uso de diferentes métodos dentro de un mismo estudio y de la

---

*enero*. Tales son los casos de los estudios llevados a cabo por Santesmases (1986), Basarrate (1988), Rubio y Basarrate (1990), Peiró (1993), de Andrés (1994), Basarrate y Rubio (1994) y de Andrés (2006), quienes coincidieron en concluir que la rentabilidad obtenida en los meses de enero era claramente superior a la del resto de meses, hecho incompatible con la hipótesis de eficiencia débil. Por su parte, Martínez (1993) no encontró, para el mercado español, diferencias significativas en las rentabilidades obtenidas en enero respecto de las del resto de meses del año en el mercado español.

<sup>4</sup> Standard and Poor 500 (S&P<sub>500</sub>) es uno de los índices que se toma habitualmente como representación de la situación real del mercado estadounidense.

validación de la eficiencia en varios mercados simultáneamente, hace que, en lo sucesivo, la revisión bibliográfica resulte más operativa clasificada por continentes o regiones.

Así, siguiendo el criterio indicado en el párrafo anterior, se continúa la revisión de estudios acerca de la eficiencia débil comenzando por el mercado  *europeo*; seguidamente se presentan los estudios realizados sobre el mercado  *norteamericano*, de especial interés pues suele tomarse como referencia en la evaluación comparativa de la eficiencia; posteriormente se realiza la revisión de los trabajos correspondientes al mercado  *latinoamericano* seguido del  *asiático*; finalmente, se referencian los principales estudios centrados en los mercados  *africano* y  *oceánico*, que se caracterizan por no ser muy numerosos en comparación con los del resto de mercados.

En relación con el mercado europeo encontramos estudios que analizan la eficiencia de varios mercados simultáneamente (habitualmente con fines comparativos), así como estudios que contrastan la eficiencia en un solo mercado, haciendo uso de las diferentes metodologías propuestas para tal fin. Atendiendo a éstos últimos y, en concreto, a los que utilizan el  *análisis técnico*<sup>5</sup> como herramienta de validación del mercado en su forma débil, destacan, entre otros, los estudios realizados por Frennberg y Hansson (1993) y Metghalchi, Chang y Marcucci (2008) sobre el mercado sueco en los que, analizando los períodos comprendidos entre 1919-1990 y 1986-2004, respectivamente, rechazan la hipótesis de paseo aleatorio y, por ende, la eficiencia en dicho mercado. Las mismas conclusiones son obtenidas para

---

<sup>5</sup> Aunque en la década de los noventa son numerosos los trabajos que aplican el análisis técnico para predecir rentabilidades, se puede decir que la piedra angular en lo que respecta al uso de esta metodología como herramienta de validación de la eficiencia débil, es el estudio llevado a cabo por Brock, Lakonishok, y LeBaron (1992) que se referenciará posteriormente en los correspondientes al mercado norteamericano.

el caso del mercado español en los estudios realizados sobre el IGBM<sup>6</sup> por autores como Fernández y González (2000) y Straßburg, González y Alexandrov (2012), quienes analizan el citado índice para los períodos 1966-1997 y 1972-1977, respectivamente, construyendo en base a reglas técnicas carteras de inversión que se optimizan aplicando algoritmos genéticos. Por el contrario, trabajos como el realizado por Hudson, Dempsey y Keasey (1996) en el mercado del Reino Unido documentan que la aplicación de reglas técnicas a dicho mercado no permite obtener rendimientos por encima de lo normal, hecho que conduce al rechazo de la hipótesis de eficiencia.

Por su parte, los *modelos de predicción* (utilizados como medio confirmatorio de la hipótesis de mercado eficiente tras hacer uso de alguna metodología diseñada específicamente para el contraste de dicha hipótesis) han sido utilizados junto a *análisis de caos y aleatoriedad* en trabajos como el llevado a cabo por Opong, Mulholland, Fox y Farahmand (1999), quienes analizan los índices FTSE<sup>7</sup> para períodos comprendidos entre 1978 y 1997, o el realizado por Dicle y Levendis (2011) analizando el mercado griego mediante el ASE<sup>8</sup> durante el período de 2000 a 2007, concluyéndose en ambos el rechazo de la hipótesis de aleatoriedad. En este mismo contexto de los modelos de predicción, el autorregresivo GARCH ha sido utilizado por Hess (2003) para el caso de Suiza y Rauning (2006) para el de Alemania, encontrándose en ambos casos ineficiencias en los mercados<sup>9</sup>.

---

<sup>6</sup> Índice General de la Bolsa de Madrid (IGBM) que está compuesto por un total de 113 valores que se consideran representativos del mercado español.

<sup>7</sup> *Financial Times Stock Exchange* (FTSE) son índices representativos de la Bolsa de Londres. En concreto, recoge cuatro índices: FTSE total, FTSE<sub>100</sub>, FTSE<sub>250</sub> y FTSE<sub>300</sub>.

<sup>8</sup> Athens Stocks Exchange General Index.

<sup>9</sup> Antes de los noventa encontramos el trabajo de Gómez-Bezares, Madariaga y Ugarte (1988), quienes utilizan modelos de predicción, en concreto, la metodología ARIMA, para corroborar la hipótesis de eficiencia débil en el mercado financiero español, llegando a la conclusión de que dicho mercado era eficiente para el período 1970-1985,

Autores como DePenya y Gil-Alana (2007) y Khan y Vieito (2012) no son tan tajantes en las conclusiones de sus estudios y, aunque no aceptan la eficiencia de los mercados analizados, atisban mejoras de eficiencia (detectan menos pautas de comportamiento en las series financieras consideradas). En concreto, los primeros, que realizan un estudio sobre el mercado español en el período de 1966 a 1987, advierten como el grado de predictibilidad en el mercado ha disminuido en los últimos años considerados, por lo que dicho mercado se encontrará más próximo a la eficiencia. Por su parte, los segundos llevan a cabo su trabajo en el mercado portugués para el período de 1998 a 2008, constatando la mejora de la eficiencia que supuso la fusión en 2002 de los índices de la Bolsa de Valores de Lisboa y Oporto con el Euronex<sup>10</sup>. Finalmente, Buguk y Wade Brorsen (2003) aceptan la eficiencia del mercado turco para el período 1992 a 1999, idea avalada, en cierto modo, por Kasman y Kasman (2008) que destacan la mejora de la eficiencia en dicho mercado después de la introducción de futuros en 2005.

En cuanto a trabajos que analizan la eficiencia de varios mercados europeos de forma simultánea, y que también detectan ineficiencias en el mismo, cabe destacar el llevado a cabo por Caraianni (2012), quien estudia los mercados checo, húngaro y polaco en el período de 1993 a 2010 utilizando pruebas de no aleatoriedad, entre otras, para la de detección de relaciones no lineales en las series de rendimientos.

Por último, la aplicación de modelos de predicción en los trabajos que estudian la eficiencia de varios países europeos al mismo tiempo conduce a conclusiones diferentes según el mercado. Tal es el caso del

---

pues las series de precios consideradas mostraban un comportamiento totalmente aleatorio en esa época.

<sup>10</sup> EURONEX es una bolsa de valores paneuropea con sede en Amsterdam que, originalmente, deriva, de la fusión de un grupo de bolsas de valores europeas, a saber, París, Ámsterdam y Bruselas, a las que, posteriormente, se le unen las de Bélgica, Francia, Holanda, Portugal y Reino Unido.

estudio de Kasman, Kasman y Torun (2009) quienes, mediante el uso de modelos ARFIMA, GARCH, FIGARCH (que combinan parámetros autorregresivos con comportamientos fractales) e HYGARCH, detectan memoria a largo plazo en el mercado de Hungría, República Checa, República Eslovaca, Eslovenia y Estonia, y no detectan dicha memoria para los casos de Polonia, Croacia y Bulgaria, por lo que aceptan eficiencia en éstos últimos.

En el mercado *norteamericano* resulta interesante el hecho de que, pese a ser éste uno de los mercados en el que la hipótesis de eficiencia ha sido más estudiada, no existe unanimidad en los resultados obtenidos con las distintas metodologías utilizadas, sino que éstos son contradictorios. Así pues, los estudios realizados por autores como Brock, Lakonishok, y LeBaron (1992), Prather y Bertin (1998), Chauvet y Potter (2000), Potvin, Soriano y Vallée (2004), Wu, Huang y Chiu (2011), Alexeev y Tapon (2011) y Shynkevich (2012), advierten ineficiencia débil en el mercado norteamericano al encontrar posibilidades de batirlo mediante *análisis técnico* considerando cada uno diferentes períodos comprendidos entre 1933 y 2010. En cambio, los estudios llevados a cabo por Day y Wang (2002), Marshall, Young y Rose (2006) y Marshal, Cahan y Cahan (2006) detectan eficiencia en el mercado haciendo uso de normas técnicas como procesos de media móvil, Trading Range Break-Out y análisis de velas, para distintos períodos entre el año 1962 y 2003.

Por otro lado, existen intentos de verificación de la hipótesis de eficiencia del mercado norteamericano mediante *modelos de predicción* (procesos AR, ARCH, GARCH o sistemas de inteligencia artificial) por parte de autores como Gençay (1998); Joseph (2003), Ansari, Kumar, Shukla, Dhar, y Tiwari (2010), Hong, Lin, y Wu (2012) y Ho, Zheng, y Zhang (2012). Las conclusiones de estos trabajos muestran la posibilidad de predecir tanto rendimientos como volatilidad del mercado

norteamericano basándose únicamente en la serie de precios históricos, las cotizaciones de las opciones y el volumen de negociación de los activos financieros. No obstante, en otros estudios como los de Coakley y Fuertes (2006) y Kim, Shamsuddin y Lim (2011) se matiza la eficiencia del mercado, advirtiendo que en época de crisis los precios de los activos se aproximan a su valor fundamental, por lo que el mercado está próximo a la eficiencia, mientras que en períodos alcistas se observan desviaciones sistemáticas prolongadas de los precios con respecto a su valor intrínseco, lo que permitiría realizar predicciones acerca del comportamiento debido a ineficiencias temporales en el mercado.

Para finalizar con el mercado norteamericano, cabe destacar los trabajos que se centran en el análisis de las series financieras mediante el estudio de la memoria a largo plazo y la aleatoriedad, cuyas conclusiones llevan a diferenciar dos grupos de estudios. De un lado, Kohers, Pandey y Kohers (1997), Serletis y Shintani (2003), Mulligan y Lombardo (2004), Mulligan (2004), Fernandez (2010) y Álvarez-Ramírez y Escarela-Pérez (2010) que rechazan la eficiencia del mercado al identificar estructuras en los precios pasados en distintos períodos comprendidos entre los años 1973 y 2008 que indicarían predictibilidad. De otro, autores como Couillard y Davison (2005) y Liu (2007) que aceptan la aleatoriedad en los históricos de precios de períodos que oscilan entre los años 1953 y 2005.

Entre los trabajos que se centran en los mercados latinoamericanos, son más frecuentes los que contrastan la eficiencia de varios países simultáneamente en relación a los que la estudian en un único mercado. Uno de los primeros trabajos que analizan varios mercados al mismo tiempo es el realizado por Urrutia (1995), quien estudió la aleatoriedad en los mercados de Argentina, Chile, Brasil y México haciendo uso tanto de la prueba de rachas como del test ratio-



varianza en sus dos versiones, y concluyó que la hipótesis de mercado eficiente se rechaza para el caso del mercado chileno, pero no para el resto. Poco después, Grieb y Reyes (1999) intentaron corroborar el comportamiento aleatorio de los precios en los mercados de Brasil y México, consideraron datos correspondientes al período 1988 a 1995, aplicando tanto técnicas de estadística descriptiva, que les llevaron a observar leptocurtosis en las series de rendimientos, como pruebas de análisis de la varianza, con las que obtendrían resultados dispares para ambos mercados. En concreto, concluyeron que el mercado mexicano es ineficiente, tanto si se considera de forma global como si los índices de las empresas que lo constituyen son analizados de forma individual, mientras que para el caso de Brasil, cuando se considera el índice de mercado de forma conjunta el comportamiento de éste tiende a un camino aleatorio, lo que no ocurre si se consideran los precios de las empresas que lo constituyen individualmente. Sin embargo, en el mismo año se encuentran conclusiones contrarias en el trabajo realizado por Ojah y Karemera (1999), quienes aceptan la hipótesis de mercado eficiente para Argentina, Brasil, Chile y México haciendo uso del test ratio-varianza y de medias móviles.

El comienzo del nuevo siglo pone de manifiesto el interés creciente en la eficiencia de los mercados latinoamericanos mediante numerosas investigaciones. Entre ellas se encuentra la de Mansilla (2001) que comprueba la eficiencia de los mercados de México y Estados Unidos para el período 1996 a 2000 mediante un algoritmo de complejidad física que pone de manifiesto la aleatoriedad de los rendimientos en ambos mercados. Al año siguiente Delfiner (2002) realiza un estudio de la eficiencia relativa comparando los mercados de Argentina y Estados Unidos durante el período 1993 a 1985, utilizando para ello herramientas como el test ratio-varianza, el análisis de correlación o la prueba de

rachas, que lo conducen a rechazar la eficiencia para el mercado argentino. Por su parte Hasan, Kadapakkam y Ma (2003) se centran en comprobar la presencia del paseo aleatorio en los mercados de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Venezuela, considerando rendimientos de diferente frecuencia (diarios, semanales y mensuales), lo cual conduce a conclusiones dispares en un mismo mercado (es el caso de Brasil, Chile, Colombia, México y Venezuela) por lo que no se pueden considerar resultados concluyentes. En cambio, en los mercados de Argentina y Costa Rica, aún considerando diferentes periodicidades, los rendimientos siguen un paseo aleatorio. Posteriormente, Guardia (2005) estudia la eficiencia de los mercados en Argentina, Brasil, Chile, México y Perú haciendo uso del test de Ljung-Box y de modelos autorregresivos de orden uno que le llevan a aceptar el comportamiento aleatorio de los rendimientos.

Del grupo de estudios centros en un único mercado son los trabajos realizados por autores como Neriz (1998), que estudia la eficiencia débil del mercado chileno mediante pruebas de correlación que, aplicadas a datos que abarcan el período de 1989 a 1997, no permiten que se rechace la eficiencia débil en el citado mercado; Harvey y Viscanta (1997), quienes analizan si el índice de la Bolsa de Valores de Medellín (Colombia) se comporta como un paseo aleatorio durante el período 1987 a 1994, concluyendo mediante pruebas de correlación serial y test de rachas que no es así; Maya y torres (2004), que realizan un estudio similar al anterior, pero únicamente para el año 1999, aceptando en este caso el paseo aleatorio en el mercado colombiano; Rossi (2000) que centra su trabajo en el mercado de Buenos Aires utilizando, entre otras pruebas, el test ratio-varianza, pruebas de correlación o detección de anomalías estacionales, con las que no se puede llegar a una conclusión global al resultar dispares los resultados de las mismas; también Swoboda (2001)

estudia el mercado argentino mediante el test de rachas y pruebas de correlación, detectando eficiencia en dicho mercado para el período 1992 a 2000; o Valdivieso (2004), que realiza su estudio acerca de la eficiencia del mercado mexicano en el período 1994 a 1999 usando el test de Box-Pierce, el test de Ljung-Box y el test de rachas, concluyendo a través de ellos que los rendimientos no siguen un paseo aleatorio.

En los *mercados asiáticos*, que tan importantes resultan en la economía actual y por ende en las finanzas, separamos del resto el mercado de China, Hong Kong y Taiwan debido a la relevancia que han adquirido sus economías a nivel mundial.

Así pues, en relación con el mercado chino se encuentran numerosos estudios como los realizados por Mookerjee y Yu (1999), Wu y Mcerlean (2003), Groenewold, Kan Tang y Wu (2003), Groenewold, Kan Tang y Wu (2008) y Chong, Lam y Yan (2012), que avalan, considerando para ello distintos sub-períodos, que las reformas realizadas por el gobierno durante los últimos 35 años han mejorado la eficiencia de sus mercados bursátiles. Concretamente, el efecto ocasionado por dichas reformas lo estudian Fifield y Jetty (2008) y Hung (2009), quienes advierten la mejora producida en la eficiencia de las acciones B<sup>11</sup> tras permitirse la inversión de los agentes nacionales en el mercado, aumentando así la liquidez. En cambio, otros autores como Tsui y Yu (1999), Chan, Lo y Cheung (1999), Kang, Cheong y Yoon (2010), Gu, Ren, Ni, Chen y Zhou (2010) y Chen, Gerlach y Liu (2011) no encuentran indicios de eficiencia en el mercado chino, posiblemente por no considerar en sus trabajos una división de períodos que les permitiera apreciar la mejora de eficiencia.

---

<sup>11</sup> Las acciones B son uno de los tipos de acciones que puede tener una misma compañía en el mercado de valores que cotice. En concreto, las acciones A y B se caracterizan por tener diferentes derechos de voto en Junta General pese a ser de la misma compañía, siendo habitual que las primeras tengan más derechos que las segundas.

En el mercado de Hong Kong destaca el trabajo realizado por Poon y Fung (2000) que detecta una transmisión de rentabilidad y volatilidad de dicho mercado hacia el mercado chino continental, hecho se puede atribuir a la mayor transparencia de la administración del mercado de Hong Kong que ocasiona mayor confianza en los inversores.

El mercado taiwanés ha sido estudiado por autores como Ammermann y Patterson (2003), Cheng y Ying (2009) y Lu, Shiu y Liu (2012) quienes, considerando diferentes períodos comprendidos entre 1971 y 2008, y basándose en pruebas de correlación no lineal, estudio de anomalías y análisis técnico, respectivamente, concluyen que no se puede aceptar la hipótesis de mercado eficiente para el caso de Taiwán.

En el resto de países asiáticos la atención se ha centrado principalmente en los mercados de Corea del Sur, Malasia, Filipinas, India, Indonesia, Japón y Singapur, en los que cabe esperar una tendencia hacia la eficiencia debido al gran crecimiento de su economía. Autores como Mookerjee y Yu (1999), Silvapulle y Choi (1999), Fernández Rodríguez, Sosvilla Rivero y Dolores García (1999), Holden, Thompson y Ruangrit (2005), Wen Cheong, Hassan Shaari Mohd Nor e Isa (2007), Rahman y Saadi (2008), Kang, Cheong y Yoon (2010), Jayasinghe y Tsui (2008), Dicle, Beyhan, y Yao (2010) y Mishra, Sehgal, y Bhanumurthy (2011), encuentran ineficiencia en los citados mercados para los últimos 25 años. En cambio, Sharma y Wongbangpo (2002) concluyen eficiencia en el mercado filipino, y el de Corea del Sur Lee, Park, Jo, Yang, y Moon (2009) detectan una disminución considerable en los patrones de comportamiento de las series debido principalmente al aumento de la velocidad en el flujo de información.

Al igual que en otras regiones, encontramos estudios que analizan la eficiencia débil del mercado chino (Shangai, Shenzhen, Hong Kong y

Taiwan) junto con otros países de oriente, que llegan a diferentes conclusiones. En concreto, los trabajos de Cajueiro y Tabak (2004), Jiang, Ma, y Cai (2007), Lim, Brooks y Hinich (2008), Lim y Brooks (2009), Chen, Gerlach, y Liu (2011), Lao y Singh (2011), Chuang, Liu y Susmel (2012) y Lin, Chen y Gerlach (2012), descartan la eficiencia de los mercados estudiados al no detectar aleatoriedad y descubrir, en cambio, anomalías y relaciones de causalidad. En cambio, autores como Hoque, Kim y Pyun (2007) afirman la eficiencia de los mercados de Taiwan y Corea del Sur en el período que va de 1990 a 2004; y otros como Chen, Huang y Lai (2009) detectan eficiencia débil en ocho países asiáticos haciendo uso del análisis técnico.

Por último, en los mercados asiáticos reseñamos el trabajo realizado por Lim, Brooks y Kim (2008) quienes analizan la eficiencia de ocho mercados (Hong Kong, Indonesia, Corea, Malaysia, Filipinas, Singapur, Taiwán y Tailandia) teniendo en cuenta la posible influencia de la crisis asiática del 97 considerando para ello tres sub-períodos (antes, durante y después de la crisis) dentro del período 1992 a 2005. Los autores concluyeron que la citada crisis afectó de manera negativa a la eficiencia de los mercados debido a la sobrerreacción que provocó en los inversores la avalancha de noticias y rumores (en su mayoría negativos) que se sucedían durante el período crítico (Kaminsky y Schmukler, 1999). En cambio, tras la crisis la mayoría de las economías recuperan la eficiencia que tenían.

Otros estudios que se centran en países de oriente medio son los trabajos llevados a cabo por Bley (2011), que analiza el índice CCG<sup>12</sup> durante el período de 2000 a 2009, Esfahanipour y Mousavi (2011), que

---

<sup>12</sup> El Consejo de Cooperación del Golfo (CCG), denominado actualmente Consejo de Cooperación para los Estados Árabes del Golfo, es una organización regional formada por las siguientes seis regiones: Bahrein, Kuwait, Omán, Catar, Arabia Saudí y Emiratos Árabes Unidos.

estudia el TSE<sup>13</sup> entre 2004 y 2007, y Al-Hajieh, Redhead, y Rodgers (2011), que analiza varios mercados de valores Islámicos<sup>14</sup> entre 1992 y 2007, detectándose ineficiencias en todos los casos.

En el *mercado africano*, para el que la literatura existente acerca de estudios de eficiencia es escasa, destacamos en primer lugar que la mayoría de trabajos realizados en mercados individuales detectan eficiencia en los mismos, tal como ponen de manifiesto Dickinson y Muragu (1994), que utilizan test de correlación en el mercado de Nairobi de 1979 a 1988, Claessens, Dasgupta y Glen (1995) y Olowe (1999) que llevan a cabo sus trabajos estudiando el mercado de valores de Nigeria o Errunza y Losq (1978), quien estudia el mercado de Zimbawe. Por el contrario, Roux y Gilberston (1978) rechazan el cumplimiento de la hipótesis de eficiencia en el mercado de Johannesburgo para el período de 1971 a 1976. Además, al igual que en el resto de regiones consideradas, se encuentran estudios que aplican las distintas metodologías para contrastar la eficiencia en varios mercados a la vez. Entre estos destacan los realizados por Appiah-Kusi y Menyah (2003) Alagidede (2011) y Gupta y Modise (2013), de cuyos trabajos se pueden extraer cuatro conclusiones principales. La primera de ellas establece que los mercados más eficientes de la región desde 1990 hasta 2006 son los de Egipto y Marruecos; en segundo lugar, se detecta una mejora de la eficiencia en países como Nigeria y Suráfrica a partir de 1995 ocasionada posiblemente por el auge de las exportaciones de materias primas hacia otros países, principalmente China e India; el tercer hallazgo es que el mercado de Kenia pasa de ser eficiente durante el período que va de 1990 a 1995, a no serlo de 1995 a 2006; para terminar manifiestan la imposibilidad de obtener conclusiones acerca de la eficiencia en mercados

---

<sup>13</sup> Bolsa de Valores de Teherán (TSE).

<sup>14</sup> Entre los países que estudia el autor se encuentra Egipto pese a ser éste un país africano.

de países como Zimbabue, Mauricio, Túnez, Botsuana, Ghana, Costa de Marfil, en los que no existe un registro continuo de la trayectoria de los mercados que permita contrastarlos considerando todo el período.

En el *mercado oceánico* la literatura existente es más escasa en relación a las anteriores regiones consideradas, siendo habitual que los trabajos estudien el mercado australiano y neozelandés de forma simultánea a través de sus respectivos índices. En este sentido, uno de los primeros en realizar este tipo de estudios fue Groenewold (1997) quien, tras analizar el Statex Actuaries' Price Index para Australia y el NZSE-40 para Nueva Zelanda en el período de 1975 a 1992, detecta correlaciones en los mismos, pero también estacionariedad, la cual es consistente con la hipótesis de eficiencia. Por su parte, Kumar (2005), tras analizar los mismos mercados que el trabajo anterior, concluye que los precios de las acciones de ambos países son procesos no lineales con una raíz unitaria, hallazgos congruentes también con la hipótesis de eficiencia. Finalmente, la aleatoriedad de los mercados anteriores es contrastada de forma individual en trabajos como los llevados a cabo por Bowman e Iverson (1998), quienes analizan el mercado Neozelandés, o Gaunt (2000), quien afirma la eficiencia del mercado australiano para el período que abarca de 1974 a 1997.

Entre la literatura referente a eficiencia débil en mercados financieros, además de los citados hasta este momento, existe otro grupo de estudios en los que se consideran países de varios continentes al mismo tiempo, con la finalidad tanto de investigar la eficiencia a nivel mundial, como de estudiar si existen diferencias entre países desarrollados y emergentes.

Uno de los primeros trabajos que analizan de forma simultánea la eficiencia de mercados de diferentes continentes es el llevado a cabo por

Moreno y Olmeda (2007), que estudia 49 índices MSCI (Morgan Stanley Capital International), de los que 21 corresponden a mercados desarrollados y 20 a mercados emergentes para el período que 1995 a 2001. Por su parte, Granero, Segovia y Pérez (2008) y Charles (2010) constatan la eficiencia de varios mercados (Francia, Reino Unido, Alemania, Estados Unidos y Japón) en base a alguno de sus índices más representativos: los primeros trabajaron<sup>15</sup> con los índices CAC 40<sup>16</sup>, FTSE<sup>17</sup>, Nikkei<sup>18</sup>, Nasdaq<sup>19</sup> y S&P<sub>500</sub>, mientras que el segundo estudia los índices como CAC 40, DAX 30, Dow Jones, FTSE 100 y Nikkei 225 para el período de 1987 a 2007.

Por otro lado, se encuentran estudios que rechazan la eficiencia de los mercados internacionales en base a diferentes metodologías. Entre éstos destaca el llevado a cabo por McKenzie (2001) sobre los índices de diez países de diferentes regiones para el período de 1990 a 1998, el cual, utilizando pruebas de no linealidad, rechaza la aleatoriedad de dichos índices. Lee C., Lee, J. y Lee C (2010) analizan la estacionariedad de 58 índices correspondientes a 32 países desarrollados y 26 emergentes durante los años de 1999 a 2007, detectando estacionariedad que les lleva a admitir la posibilidad de llevar a cabo estrategias exitosas de inversión en los respectivos mercados. A esta misma conclusión llega Bekiros (2010), quien analiza la eficiencia mediante técnicas de predicción para diez de los índices bursátiles más importantes de Estados Unidos,

---

<sup>15</sup> También analizaron el Ibx 35 pero concluyeron que el mercado (español, en este caso) no era eficiente.

<sup>16</sup> *Cotation Assistée en Continu (CAC 40)*: índice que representa una media ponderada por capitalización de los 40 valores más importantes del mercado de París.

<sup>17</sup> *Financial Times Stock Exchange 100 Index (FTSE 100)*: índice de precios de las 100 acciones de mayor capitalización en el mercado de valores londinense.

<sup>18</sup> Índice correspondiente al mercado japonés, conocido también como *Nikkei 225*, *Nikkei Index* o *Nikkei Stick Average*.

<sup>19</sup> *National Association of Securities Dealers Automated Quotations (Nasdaq)*: índice del mercado de valores americano que es el segundo de mayor capitalización tras el del mercado de Nueva York.



Europa y el Sureste asiático.

Existen otros estudios llevados a cabo con el objetivo de comparar la eficiencia entre mercados de países desarrollados y emergentes que concluyen ineficiencias en ambos grupos de países. Tales son los casos de Salm y Schuppli (2010) que, tras analizar 32 mercados de ambos concluyen, además, que la ineficiencia se agudiza tras períodos de crisis; o Bastos y Criado (2011) que analizan 23 países desarrollados y 23 emergentes para el período que va de 1995 a 2009.

Por último, cabe destacar los trabajos de Doyle y Chen (2012, 2013) en los que analizan la eficiencia de mercados de todo el mundo a través de 76 índices para el período desde 1996 a 2012. En el primer trabajo utilizan metodologías habituales en la literatura existente para comprobar la eficiencia financiera (test de rachas, pruebas de correlación o test ratio varianza) presentando en las conclusiones evidencias estadísticas del alcance de las ineficiencias del mercado producidas por las anomalías detectadas. En cambio, en el segundo proponen y utilizan pruebas generadoras de números aleatorios como método para comprobar la hipótesis de eficiencia, la cual resulta rechazada, al igual que en el caso anterior, por encontrar patrones de comportamiento en los rendimientos.

### **b) *Forma semi-fuerte***

Los estudios que analizan la forma semi-fuerte de la eficiencia son mucho más escasos que los encontrados para la forma débil, estando la gran mayoría centrados en el mercado norteamericano.

En concreto, en el mercado norteamericano la hipótesis de eficiencia en su *forma semi-fuerte* se ha estudiado a partir de los índices

NYSE<sup>20</sup>, NASDAQ y AMEX<sup>21</sup>, siendo contradictorios los hallazgos que ponen de manifiesto los distintos autores. Por un lado, Busse y Green (2002), centrando su estudio en el año 2000, para los índices NYSE y NASDAQ y considerando la influencia que sobre éstos pueda tener la emisión de dos programas de la CNBC TV<sup>22</sup>, encuentran que un agente financiero, salvo que actúe casi inmediatamente, no puede obtener beneficios basándose en la información pública. Además, observan que las buenas noticias se incorporan rápidamente al proceso de formación de precios (segundos después de que el activo es mencionado en el programa) influyendo sobre los mismos durante un minuto aproximadamente, por lo que dichas noticias se ven reflejadas rápidamente en el valor de mercado de la acción. Por el contrario, las malas noticias se incorporan de forma más gradual y sus efectos permanecen durante unos quince minutos, siendo, por tanto, más duraderos.

En cambio Visaltanachoti y Yang (2010), basando su estudio en el índice NYSE para el año 2005, encuentran que el tiempo que necesitan las acciones extranjeras para reflejar la información pública oscila entre 30 y 60 minutos, mientras que para el caso de acciones nacionales dicho intervalo de tiempo se sitúa entre 10 y 15 minutos, poniendo así en duda el mercado de los ADRs<sup>23</sup> en Estados Unidos. Asimismo, la hipótesis de eficiencia semi-fuerte es rechazada por Ferreira y Brooks (1999) para los años 1988 a 1993, y por Easley, Kiefer, y O'Hara (1997) en los meses de octubre a diciembre de 1990, pues en ambos encuentran que se producen

---

<sup>20</sup> *New York Stock Exchange (NYSE)*: mercado de valores de Nueva York.

<sup>21</sup> *American Stock Exchange (AMEX)*: segunda bolsa de valores de Estados Unidos según volumen de negociación que se caracteriza por estar especializada en la negociación de opciones sobre acciones y cestas de índices de acciones.

<sup>22</sup> Los programas a los que se refiere el estudio son *The Morning Call* y *The Midday Call*, emitidos por la cadena de televisión estadounidense CNBC TV. En ambos, analistas financieros informan sobre sus puntos de vista acerca de las acciones individuales mientras los mercados permanecen abiertos.

<sup>23</sup> Mercado de acciones extranjeras que cotizan en la Bolsa de Nueva York.

rendimientos anormales ante noticias públicas como anuncios de eventos en el volumen y tamaño de las negociaciones. Además de los anteriores, cabe destacar el trabajo llevado a cabo por Shynkevich (2012) durante el período de cuatro décadas, de 1970s a los 2000s, en el que sobre 20 carteras de inversión distintas y aplicando numerosas reglas de negociación, llega a la conclusión de que la eficiencia del mercado estadounidense mejora notablemente en la década de los 2000.

Para el caso europeo destaca el trabajo llevado a cabo por Lobe y Rieks (2011), quienes analizan la eficiencia del mercado alemán mediante estudio de eventos en los principales índices que lo componen durante diferentes sub-períodos considerados entre los años 1988 y 2007, lo que les lleva a concluir que no existe una violación robusta de la hipótesis del mercado eficiente en su forma semi-fuerte

En relación con el mercado suramericano resalta el trabajo de Gómez (2012) que versa sobre el mercado colombiano. En concreto, la autora, mediante estudio de eventos, analiza las tres empresas con más participación en el Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia (Bancolombia, Cementos Agro y Suramericana), rechazando la hipótesis para el caso de Bancolombia y Cementos Agro, y aceptándola para Suramericana para el período que va de 2003 a 2007.

### **c) *Forma fuerte***

Los trabajos que analizan la forma *fuerte* de eficiencia, que como ya se dijo considera información pública y privada tan solo al alcance de unos pocos, son escasos debido posiblemente a la dificultad que entraña su comprobación empírica, sin olvidar el cuestionamiento legal del uso de información privilegiada para llevar a cabo operaciones financieras.

Desde las primeras investigaciones al respecto, llevadas a cabo por Loire y Niederhoffer (1968), Jaffe (1974a, 1974b) y Finnerty (1976), se da por sentado que los inversores que tienen información privilegiada (*insiders*) son capaces de generar rendimientos superiores a la media en sus transacciones.

De los trabajos citados, el más conocido es el de Jaffe (1974b) que, tras analizar los documentos presentados en la SEC<sup>24</sup> de las transacciones llevadas a cabo con información privilegiada, concluyó que los *insiders* obtienen rendimientos superiores en promedio a los que logran el resto de inversores, con lo que se rechazaría la hipótesis de eficiencia en su forma fuerte. En la misma línea, Givoly y Palmon (1985), tras estudiar las transacciones que se llevan a cabo con información privilegiada y posteriormente buscar en la prensa anuncios que podrían explicar los mayores rendimientos obtenidos por los inversores, concluyen que los citados rendimientos superiores no están relacionados con eventos o anuncios corporativos posteriores, con lo que admiten que vienen de la información privilegiada que poseen algunos.

Otro de los trabajos destacados es el de Noe (1999), quien afirma que los *insiders*, pese a no llevar a cabo transacciones haciendo uso de la información privilegiada que poseen acerca de sus compañías justo antes de ponerla a disposición pública, sí que emplean otro tipo de estrategias (como la divulgación voluntaria de información) que les permiten obtener beneficios de la información privada de que disponen, evitando así las acusaciones de especulación.

---

<sup>24</sup> La *Securities Exanges Commision* (SEC) tiene como finalidad proteger a los inversores y mantener la integridad de los mercados de valores.

Más reciente es la investigación realizada por Tavakoli, McMillan y McKnight (2012), quienes tras examinar el contenido informativo de las operaciones con información privilegiada y su valor para los inversores del mercado estadounidense, apoyan la idea de que las transacciones llevadas a cabo con este tipo de información generan beneficios superiores a los que cabría esperar en promedio en el mercado, avalando así la ineficiencia fuerte del mismo.

Por último, cabe destacar los estudios que tratan de comprobar la influencia que ha tenido la legislación referente al uso de información privilegiada, como por ejemplo la Ley de Control de Fraude de Valores, en las transacciones financieras por parte de los *insiders*. En este sentido, encontramos los trabajos llevados a cabo por Seyhun (1992a, 1992b) y Garfinkel (1997) que detectan una disminución tanto de las operaciones llevadas a cabo como de las ganancias extraordinarias obtenidas como consecuencia de las mismas.

---

## III. Parte 2

# RESULTADOS DEL ESTUDIO EMPÍRICO

---

En la segunda parte del trabajo se presentan los resultados del análisis empírico realizado en los mercados financieros objeto de estudio. Tras una descripción previa de cada índice bursátil y de los períodos y sub-períodos en los que se divide el período muestral completo, los resultados (para cuya obtención se ha utilizado el software informático *Econometrics Views 8* e *IBM SPSS Statistics Versión 21*) se muestran organizados en dos capítulos: los correspondientes al análisis descriptivo y los que tratan de evaluar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil de acuerdo con el procedimiento de contraste propuesto en este trabajo.





## Capítulo 6

# Índices bursátiles analizados

---

Un índice bursátil es un número índice que refleja la evolución que experimenta a lo largo del tiempo el precio de las acciones que cotizan en un mercado determinado. En cierta forma, un índice bursátil mide la actividad económica de un país a la vez que refleja el comportamiento de fenómenos de cualquier tipo que puedan darse y que afectan a la economía en su conjunto.

Estos índices se construyen a través de una serie de activos que, en cada caso, responde a criterios de selección que la bolsa de valores en cuestión determina, siendo muy habitual que tomen en consideración tanto el volumen de negociación como la capitalización bursátil.

Este trabajo se centra en los mercados financieros de España y algunos países latinoamericanos como Chile, México, Colombia, Perú, Brasil, Argentina y Venezuela.

En concreto, la investigación se lleva a cabo a partir de datos diarios de los índices bursátiles más representativos en los mercados

financieros anteriormente citados: IBEX, IPSA, MEXBOL, COLCAP, IGBVL, IBOV, MERVAL e IBVC, respectivamente.

El *IBEX*, principal índice de referencia en el mercado español, está formado por las 35 empresas más líquidas que cotizan en el SIBE (Sistema de Interconexión Bursátil Electrónico) en las bolsas de Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia. Su elaboración es llevada a cabo por el BME y técnicamente es un índice de precios ponderado por capitalización bursátil y cuyo ajuste es llevado a cabo considerando el capital flotante de cada empresa integrante del índice.

Pese a crearse el 14 de Enero de 1992, mediante una estimación realizada con posterioridad se tienen datos históricos desde 1989. Al ser un índice ponderado por capitalización bursátil, no todas las empresas que lo conforman tienen la misma ponderación en el mismo, siendo la entrada o salida de éstas en la composición del índice decidida por un grupo de expertos denominados Comité Asesor Técnico (CAT). El CAT se reúne en los meses de junio y diciembre de cada año, centrando sus decisiones principalmente en la liquidez, entendida en términos de volumen de contratación tanto en órdenes como en euros, de la empresa para verificar si es apta y permitir su entrada en la composición del índice. Concretamente las condiciones requeridas para que una empresa forme parte del IBEX son, por un lado, que su capitalización media sea superior al 0,30% de la del IBEX en el periodo analizado, y por otro, que haya sido contratado, por lo menos, en la tercera parte de las sesiones de ese periodo. Puesto que los valores que tienen mayor peso en el IBEX son los de las empresas de mayor capitalización bursátil, sus fluctuaciones influirán en los movimientos del índice. En la actualidad, las empresas con mayor ponderación en el IBEX son Banco Santander, Telefónica, BBVA, Inditex, Iberdrola y Repsol, por lo que sus bajadas en los precios son las que más influyen y, por ende, preocupan en el IBEX.

La expresión utilizada para el cálculo del índice en el instante  $t$ ,  $I(t)$ , es

$$I(t) = I(t-1) \cdot \frac{\sum_{i=1}^{35} Cap_i(t)}{\left[ \sum_{i=1}^{35} Cap_i(t-1) \pm J \right]}$$

donde  $Cap_i(t)$  es la capitalización bursátil del capital flotante (*free float*) de cada compañía  $i$  que integra el índice y  $J$  es un coeficiente usado para ajustar el índice y que éste no se vea afectado por hechos como, por ejemplo, ampliaciones de capital.

El *Índice de Precios Selectivo de Acciones*, conocido por sus siglas IPSA, mide los resultados de las 40 compañías más líquidas del mercado chileno que cotizan en la Bolsa de Comercio de Santiago, siendo revisada la consideración de las mismas de forma anual. Habitualmente el IPSA se toma como referente, pues es considerado el mejor indicador de resultados del mercado financiero chileno.

El IPSA fue calculado por primera vez en 1977, estando en un primer momento, y hasta 1980, separado en dos índices: uno correspondiente a acciones con presencia bursátil<sup>1</sup> superior al 75%, y otro con aquellas que tenían entre un 30% y un 75%, denominadas de alta y baja presencia, respectivamente. Hasta el año 2002 el cálculo del índice

---

<sup>1</sup> En la Bolsa de Comercio de Santiago se consideran valores de presencia bursátil aquellos que, a la fecha de establecer dicha condición, tienen una presencia ajustada igual o superior a 25% o cuentan con un agente de mercado que actúe conforme a la Norma de Carácter General N° 327 de la Superintendencia de Valores y Seguros. La denominada presencia ajustada se calcula considerando solamente los días con transacciones por un montante igual o superior a 1000 UF (Unidad de Fomento: unidad de cuenta reajutable de acuerdo con la inflación utilizada en Chile), sobre los últimos 180 días hábiles bursátiles.

Fuente: <http://www.bolsadesantiago.com/mercado/Paginas/Presencia-Bursatil.aspx>

se realizaba a principios de cada año tomando como base 100, siendo modificadas de forma trimestral las empresas que lo componían. En cambio, desde 2003 las acciones que componen el índice son establecidas el 31 de diciembre de cada año, utilizando como base 1000 en el cálculo del mismo. Además, en la actualidad, para el cálculo del índice se consideran todas las variaciones de capital de cada acción incluida en el mismo, ponderada por el peso relativo de cada una de ellas, realizándose este último cálculo mediante una fórmula que considera tanto la capitalización bursátil como el número de transacciones y capital flotante en cada caso.

Este índice, al estar compuesto por empresas líderes dentro de sus industrias y por marcas de reconocido prestigio cuyas acciones se negocian activamente, ofrece bastante seguridad a los inversores, especialmente en los casos de empresas de servicios públicos como el agua, electricidad o comunicaciones, que son las que mayor ponderación suelen presentar en el índice. Entre las empresas que lo componen se encuentran, por ejemplo, AESGENER, AGUAS-A, BCI, BANCO SANTANDER, CAP, CCU, CMPC, COLBUN, ENTEL, FALABELLA, LAN, SM-CHILE B., SONDA o SQM-B.

El *Mexican Stock Exange Mexican Bolsa o Índice de Precios y Cotizaciones*, comúnmente conocido como *MEXBOL* o *IPC*, respectivamente, es un índice que está compuesto por las 35 acciones<sup>2</sup> más negociadas en el mercado de valores mexicano, procedentes de distintos sectores de la economía. Es considerado el más importante de los índices bursátiles de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), siendo el indicador de la evolución del mercado accionariado en su conjunto.

---

<sup>2</sup> No obstante, el número de integrantes del índice puede aumentar hasta 50 según los criterios establecidos en la metodología de cálculo por la junta y dirección de la BMV, la cual puede modificarlos de forma trimestral o anual si lo considera oportuno.

Creado en 1978, refleja el comportamiento del mercado de acciones a través de las variaciones diarias en los precios del conjunto de empresas que componen la BMV, reflejando así cuánto gana o pierde dicha bolsa en una jornada.

En concreto, este índice se calcula en función de las variaciones de los precios de una selección de acciones que constituyen una muestra balanceada, ponderada y representativa de todas las acciones que cotizan en la BMV. Las empresas integrantes de la citada muestra (las más representativas del sector accionario) son seleccionadas cada seis meses de acuerdo al *nivel de bursatilidad* de los títulos que operen en la bolsa, considerando para ello variables como: número de transacciones, importe de la negociación, días de operaciones y razón entre la cantidad operada y la suscrita. Así, suelen resultar elegidas las empresas que hayan presentado mayor volumen de negociación y crecimiento durante el último año, lo cual garantiza que los resultados obtenidos durante el siguiente año tengan el respaldo de empresas sólidas.

La BMV es la encargada de hacer la evaluación diaria de las operaciones realizadas por las empresas emisoras registradas en el IPC, expresando el resultado final en unidades y mediante la comparación con el resultado de la jornada anterior, determina el avance o retroceso del mercado de valores mexicano. Actualmente, algunas de las empresas registradas para componer el MEXBOL son Industrias Peñoles SAB de CV, Grupo Elektra SA de CV, Coca-Cola Femsa SAB de CV, Grupo Aeroportuario del Sureste SAB de CV, Fomento Económico Mexicano SAB de CV o Arca Continental SAB de CV, entre otras.

El COLCAP por su parte, es el índice que se tomará como referencia de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) que es una sociedad anónima de carácter privado en la cual se inscriben y negocian valores de

forma pública. En el citado índice quedan reflejadas las variaciones de los precios de las 20 acciones más líquidas donde el valor de capitalización bursátil ajustado de cada una de las empresas determina su participación en el mismo.

El primer cálculo del COLCAP se realizó el 15 de Enero de 2008 tomando como valor inicial 1000 puntos. Desde entonces, resulta periódicamente rebalanceado considerando siempre 20 empresas en el momento de llevar a cabo el cálculo, de tal modo que si en algún momento desaparece alguna de las acciones de las empresas que forman parte de la canasta, el número de emisores será inferior a 20 hasta el siguiente rebalanceo. Además, existe un requisito de participación máxima del 20% aplicable a los emisores en el momento del rebalanceo de la cesta, de tal forma que si algún emisor excede dicho límite, su participación será ajustada al 20% y el excedente se repartirá de forma proporcional entre los demás emisores que constituyen la cesta.

La fórmula para calcular el valor del índice en el instante  $t$  del trimestre  $k$  denotado  $I^k(t)$ , es

$$I^k(t) = E \sum_{i=1}^n w_i^k P_i(t)$$

donde  $E$  es el factor mediante el cual se da continuidad al índice cuando se presenta un rebalanceo de la canasta o en caso de darse eventos corporativos que lleven a variaciones en el índice,  $n$  el número de acciones en el índice en el instante  $t$ ,  $w_i^k$  el peso o ponderación para la acción  $i$ , durante el trimestre  $k$ , y  $P_i(t)$  es el precio de cierre vigente de la acción  $i$  en el instante  $t$ .

La actualización del índice COLCAP tiene dos vertientes: la

recomposición de la canasta y el rebalanceo de la misma. Por un lado, la recomposición de la canasta se lleva a cabo el día 31 de Enero de cada año desde 2003, en lugar de a 31 de Diciembre como se venía realizando hasta entonces, con la finalidad de llevar a cabo el proceso en un momento de mayor liquidez en el mercado de renta variable. En el mismo se incluyen o excluyen las acciones que cumplan o incumplan, respectivamente, los requisitos necesarios.

En cambio, la ponderación de la canasta será recalculada trimestralmente con el rebalanceo, ya que la participación de cada acción dentro de la canasta varía diariamente en función del comportamiento que presenten las mismas en mercados de valores secundarios. Con ello se evitan participaciones excesivas de un emisor durante un largo periodo de tiempo, pues se aplica un requisito de participación máxima del 20% a los emisores en el momento del rebalanceo de la cesta, de tal forma que si algún emisor excede dicho límite, su participación será ajustada al 20% y el excedente se repartirá de forma proporcional entre los demás emisores que constituyen la cesta.

El *Índice General de La Bolsa de Valores de Lima*, conocido como *IGBVL*, es un indicador que se utiliza para establecer comparaciones respecto de los rendimientos alcanzados en los diferentes sectores que participan en la Bolsa de Lima, tales como el industrial, financiero, minero, agrario y servicios del sector público, entre otros, en un determinado periodo de tiempo.

Se constituye a partir de una cartera formada por las acciones más significativas que intervienen en la negociación bursátil en la Bolsa de Valores de Lima, seleccionando las mismas en base a criterios como la frecuencia de negociación, la cantidad o monto de negociación y el número de transacciones llevadas a cabo. Dicha cartera resulta

actualizada a 2 de enero y 1 de julio de cada año, si bien, se puede dar el caso de que permanezca invariable si las condiciones del mercado así lo determinan.

Para este caso, la fórmula utilizada en el cálculo del índice es:

$$IGBVL = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_{it}}{P_{i0}} \cdot w_i \cdot c_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \cdot 100$$

donde,  $P_{it}$  es el precio de la acción  $i$  en el día  $t$ ,  $P_{i0}$  el precio de la acción  $i$  en la fecha base,  $w_i$  el peso de la acción  $i$  dentro de la cartera (el cual se determinará según el monto efectivo negociado, la frecuencia y el número de operaciones que registra el valor), y  $c_i$  el corrector acumulado por entrega de acciones liberadas, dividendos en efectivo y derechos de suscripción para la acción  $i$ .

El precio de la acción en un momento determinado que se utiliza en la fórmula se establece atendiendo a una serie de prioridades. En primer lugar, la propuesta a firme o abierta que mejore el mercado (compra mayor o venta menor) con relación a la cotización de cierre del día. Seguidamente, si no existiese propuesta que mejore el mercado, se considera la cotización de cierre. En caso de no haber cotización de cierre se procedería a considerar la propuesta a firme o abierta que mejore el mercado con relación a la cotización anterior. Por último, si no se presentase cotización de cierre ni propuestas, se considera la cotización anterior.

Algunas de las empresas que componen el IGBVL en la actualidad son Alicorp, Banco Continental, Cerro Verde, Corporación Aceros Arequipa, Intergroup Financial Services, Luz del Sur Sider Perú,



Telefónica o Volcán.

El IBOV, llamado también Índice Bovespa, es como se conoce al índice bursátil compuesto por las 50 compañías más líquidas que cotizan en la *Bolsa de Valores do Estado de Sao Paulo*. Dicho índice está formado por los valores de las empresas que suponen el 80% del volumen de las transacciones llevadas a cabo en los últimos 12 meses y que fueron negociados, al menos, el 80% de los días de cotización. Su cálculo se inició el 2 de enero de 1968 con un valor base de 100 puntos.

Para calcular los criterios y ponderación de las acciones en el índice BOVESPA, se utilizan criterios de negociabilidad. En concreto, lo que se conoce como índice de negociabilidad refleja la representación de las acciones en el mercado de dinero en efectivo en bolsa, lo cual permite determinar la participación de cada componente en el IBOV. Esto es similar al concepto de capital flotante que se utiliza en el cálculo de diversos índices bajo la metodología de capitalización de mercado para calcular el valor del índice en el instante  $t$ .

$$I_t = \sqrt{\frac{n_i \cdot v_i}{N \cdot V}}$$

donde  $n_i$  es el número de transacciones llevadas a cabo para la acción  $i$ ,  $v_i$  es el valor creado a partir de las operaciones de la acción  $i$ ,  $N$  es el número total de operaciones llevadas a cabo en la Bolsa de Sao Paulo y  $V$  es el valor monetario total creado por las  $N$  transacciones llevadas a cabo.

Ahora bien, como en el resto de índices, existen unos criterios establecidos sin los cuales las compañías no pueden formar parte del índice. En este caso los requisitos fijados son, que el valor haya sido

negociado en la bolsa en los últimos 12 meses; que el índice de negociabilidad añadido represente el 80% del valor total de todos los índices de negociabilidad individuales; que en las transacciones totales de las acciones, las operaciones de la acción en cuestión superen el 0,1% del flujo total de participación en dichas transacciones; y que más del 80% de las acciones de la compañía sean objeto de transacciones en bolsa.

Por su parte, el *Índice Bursátil de Argentina*, conocido como Merval, es el principal índice del Mercado de Valores de Buenos Aires, el cual mide el valor en pesos de una cartera de acciones que cotiza en dicho mercado. En concreto, el índice está compuesto por una cantidad nominal fija de acciones de diferentes empresas cotizantes, a las que comúnmente se les conoce como “empresas líder”, siendo la cantidad fija que cada firma tiene asignada en el índice lo que se denomina *cantidad teórica*. Pues bien, el criterio de selección de los valores que forman la llamada cartera teórica de referencia se fundamenta en su participación en el volumen total de negociado y en la cantidad de operaciones relacionadas con ellos durante los últimos seis meses. El índice se recalcula cada tres meses siguiendo el proceso que se detalla a continuación.

Actualmente, el porcentaje de participación que cada acción tiene en el índice<sup>3</sup> en cuestión es calculado trimestralmente aplicando el siguiente procedimiento:

1. Se calculan los coeficientes de participación de la acción  $i$  ( $Part_i$ ) de una empresa en el total del índice en función de su volumen de negociación y en la cantidad de operaciones de los últimos seis meses mediante la expresión

---

<sup>3</sup> En el momento de la creación del índice, el 30 de junio de 1986, se estableció una inversión de 100\$ que debía ser repartida entre las distintas empresas (seleccionadas de acuerdo al criterio indicado en el párrafo anterior), siendo la base del índice 0,01\$.

$$Part_i = \sqrt{\frac{n_i}{N} \cdot \frac{v_i}{V}}$$

donde  $n_i$  es el número total de operaciones efectuadas con la acción  $i$  durante los últimos seis meses,  $N$  el número total de operaciones en acciones durante los últimos seis meses,  $v_i$  el volumen efectivo operado de la acción  $i$  durante los últimos seis meses y  $V$  el volumen efectivo total operado en acciones durante los últimos seis meses.

2. Se ordenan todas las acciones cotizantes de forma decreciente en base a su coeficiente de participación y se seleccionan aquellas cuyo acumulado está dentro del 80% de participación<sup>4</sup>.
3. La participación de cada acción  $i$  respecto al total que compondrá el índice Merval es ajustada ( $PartAj_i$ ) mediante la expresión

$$PartAj_i = \frac{Part_i}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{n_i}{N} \cdot \frac{v_i}{V}}}$$

donde  $n$  es el número de empresas seleccionadas para constituir el índice.

4. Atendiendo a las participaciones ajustadas de cada empresa se calcula la cantidad de acciones que tendrá dentro del índice al comienzo del trimestre  $T$  ( $Q_{i,T}$ ), lo que se conoce como cantidad teórica. Dicha cantidad, que en principio será fija durante la

---

<sup>4</sup> Hay que señalar que las empresas seleccionadas han de cumplir con el requisito de haber participado al menos en el 80% de las sesiones diarias de negociación de los valores del mercado en cuestión.

vigencia trimestral de la cartera, depende del precio de la acción en el momento de revisar el índice, debiendo ser

$$Q_{i,T} \cdot P_{i,T-1} = PartAj_i \cdot I_{T-1}$$

donde:

$I_{T-1}$  es el valor del índice Merval al cierre del trimestre anterior

$P_{i,T-1}$  es el precio de la acción  $i$  al cierre del trimestre anterior

$Q_{i,T}$  es la cantidad de la acción  $i$  al comienzo del trimestre

En consecuencia, la cantidad teórica de una acción  $i$  al comienzo del trimestre  $T$ , se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_{i,T} = PartAj_i \cdot \frac{I_{T-1}}{P_{i,T-1}} = \frac{\sqrt{\frac{n_i \cdot v_i}{N \cdot V}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{n_i \cdot v_i}{N \cdot V}}} \cdot \frac{I_{T-1}}{P_{i,T-1}}$$

Como ya se ha comentado, esta cantidad teórica permanecerá fija, salvo que se produzcan eventos corporativos tales como pagos de dividendos en efectivo o en acciones, revaluación de las acciones o suscripción de nuevas acciones. Cualquiera de estos hechos implicaría una caída técnica del precio de la acción, que a su vez hace necesaria la aplicación de un cierto ajuste en el valor del índice para que sea comparable a su valor de cierre anterior. Puesto que el porcentaje de la participación de la empresa en el índice ha de mantenerse, al caer el precio se ha de aumentar la cantidad teórica para mantener la participación.

5. Una vez establecidas las cantidades teóricas y los precios de las acciones que componen el índice, su valor se calcula en la forma:

$$I = \sum_{i=1}^n Q_{iT} \cdot PR_{iT}$$

donde  $Q_{iT}$  es la cantidad teórica de la acción  $i$  y  $PR_{iT}$  es el precio de la acción  $i$  en el momento del cálculo.

Actualmente las empresas que constituyen en índice Merval son Petrobras Brasil (grupo energético), YPF (petrolera), Grupo Financiero Galicia (financiero), Tenaris y Siderar (Siderurgia), Pampa Energía (Grupo energético), Com de la Plata (entretenimiento), Aluar (productore de aluminio), Banco Macro (bancario), Edenor (Distribución energética) y BBVA francés (Bancario).

El *Índice de la Bolsa de Valores de Caracas*, conocido comúnmente como *IBVC*, refleja el desempeño de las empresas más líquidas que cotizan en la citada bolsa. Su cálculo se realiza utilizando el promedio aritmético ponderado de las 14 empresas que, cotizando en la Bolsa de Valores de Caracas, presentan mayor capitalización y liquidez. Se encuentra, pues, dentro de los índices ponderados por capitalización y es revisado cada cierto tiempo para dejar de considerar títulos que hayan perdido liquidez en pro de que en su cálculo entren otros nuevos que la hayan ganado.

Los índices descritos anteriormente se observaron diariamente en el momento del cierre del mercado correspondiente durante el periodo que va de 1 de enero de 2003 a 28 de julio de 2015, obteniéndose un total de 4592 observaciones.

Es un hecho reconocido que los datos financieros quedan expuestos

a cierto grado de inestabilidad cuando se propagan malas noticias provenientes de otros mercados, pues todos ellos en cierto modo están interrelacionados. Esto fue lo que ocurrió tras la crisis de las *hipotecas subprimes* que comenzase en Estados Unidos en octubre de 2007. Dicha crisis repercutiría rápidamente sobre el sistema financiero estadounidense, contagiando primero a éste y más tarde, concretamente a comienzos de 2008, al resto de mercados, pues el desplome bursátil de la mayoría de las bolsas ocasionó una crisis financiera internacional. Pues bien, para analizar el efecto de la crisis financiera de 2008 en el cumplimiento de la forma débil de la hipótesis de eficiencia de los mercados investigados, se realizan las divisiones del período muestral considerado que se representan en la Tabla 6.1.

**Tabla 6.1:** Período muestral completo y divisiones en períodos y sub-períodos\*

1/1/2003		28/7/2015		
<b>Pre-crisis</b> 2003/2007		<b>Crisis</b> 2008/2009	<b>Post-crisis</b> 2010/2015	
<b>1</b>	<b>2</b>		<b>1</b>	<b>2</b>
03/04	05/07		10/12	13/15

\*Todos los períodos y sub-períodos establecidos comienzan a 1 de enero y finalizan a 31 de diciembre de los años que los constituyen, excepto el período de post-crisis y, lógicamente, su segundo sub-período, que finalizan el 28 de julio de 2015.

**Fuente:** elaboración propia

En ella los períodos y sub-períodos considerados aparecen en el color que mostrarán en las representaciones gráficas y tablas de resultados de las distintas pruebas empíricas llevadas a cabo sobre los índices bursátiles estudiados; todo ello con la finalidad de hacer más fácil la lectura e interpretación de los resultados.

En primer lugar se lleva a cabo una división en tres períodos: *pre-crisis* (1 enero de 2003 a 31 diciembre de 2007), *crisis* (1 enero de 2008 a 31 diciembre de 2009) y *post-crisis* (1 enero de 2010 a 28 julio de 2015). El período de *crisis* se representa con un azul más oscuro que el utilizado

para los períodos de *pre-crisis* y *post-crisis*. Por su parte, estos últimos períodos se dividen a su vez en dos sub-períodos cada uno para analizar si las conclusiones extraídas de lo anterior se ven afectadas por considerar períodos más cortos y cercanos a la ya citada *crisis*. Así, para que los sub-períodos inmediatamente anterior y posterior a la crisis queden formados por 3 años, esta nueva división los llevaría a considerar dos sub-períodos de *pre-crisis*, denominados *pre-crisis 1* o *pre-crisis primera* (1 enero de 2003 a 31 diciembre de 2004) y *pre-crisis 2* o *pre-crisis segunda* (1 enero de 2005 a 31 diciembre de 2007), y otros dos sub-períodos de *post-crisis*, que se denominan *post-crisis 1* o *post-crisis primera* (1 enero de 2010 a 31 de diciembre de 2012) y *post-crisis 2* o *post-crisis segunda* (1 enero de 2013 a 28 de julio de 2015). Para esta división en sub-períodos se ha tomado un tono de azul claro para el caso de los inmediatamente anterior y posterior a la *crisis*, es decir, *pre-crisis segunda* y *post-crisis primera* (ya que posiblemente sean éstos los que se verán mas influenciados por la misma); mientras que los sub-períodos de *pre-crisis primera* y *post-crisis segunda* quedarán representados por el color blanco (pues posiblemente en ellos los efectos de la crisis, de manifestarse, lo harán de una forma leve).





# Capítulo 7

## Análisis descriptivo

---

Antes de proceder a comprobar la forma débil de la hipótesis de eficiencia en los mercados objeto de estudio, se realizará un análisis preliminar de los mismos a través de los índices observados y de las series de rendimientos asociados a cada uno de ellos. El objetivo de este análisis es estudiar, en cada mercado, la evolución experimentada y la existencia de hechos estilizados a lo largo de los períodos considerados, así como en los distintos sub-períodos considerados en los que éstos se han dividido. Para tener una idea visual de alguno de estos aspectos se aplican técnicas gráficas (gráficos de evolución del índice y del rendimiento, así como histogramas de éste último que ayudan a visualizar la asimetría y la kurtosis).

Por otro lado, para cada serie de rendimientos se calculan las principales medidas descriptivas: media, mediana, máximo, mínimo, desviación típica (cuyo cuadrado informa sobre la volatilidad), asimetría y kurtosis. La significación de la media y mediana se analiza con el test t-Student y el test de los signos respectivamente. Finalmente se contrata

la hipótesis de normalidad de la serie de rendimientos, mediante el test de Jarque Bera.

En cada gráfico y tablas construidos con los resultados obtenidos se utilizan los colores que se identifican con cada período y sub-período considerados.

## **7.1. IBEX**

En el Gráfico 7.1 se puede observar que el IBEX muestra una tendencia alcista hasta justo antes de comenzar el período de crisis. A mitad de dicho período comenzó a remontar, concretamente a partir del 9 de marzo de 2009, fecha en la que alcanzó su valor mínimo dentro del período de crisis. La amenaza por parte de Europa de intervenir España el día 9 de mayo de 2010 si no se cambiaba de política para atajar el problema del déficit público, ocasionó el disparo de la prima de riesgo a un 60% y, como consecuencia de ello, el IBEX perdió un 14% en tan solo cinco sesiones. Esto condujo a un cambio de tendencia en el IBEX que culminó el 24 de julio de 2012 que es cuando alcanza el valor suelo. A partir de ese momento, el índice ha mostrado una tendencia al alza que se prolonga hasta la actualidad, si bien aún no ha logrado situarse en los valores anteriores a la crisis.

Los rendimientos del IBEX (Gráfico 7.2) muestran el comportamiento característico de las series de rendimientos financieros<sup>1</sup>, destacando el hecho de que los clusters de mayor volatilidad se

---

<sup>1</sup> Tal y como se vio en el apartado 1.2 f) del Capítulo 1, las series de rendimientos financieros suelen comportarse oscilando en torno a cero con movimientos positivos que van seguidos de otros negativos, quedando agrupados períodos de alta volatilidad en los que las oscilaciones alrededor de cero son amplias, y se corresponden con períodos turbulentos en los mercados, que van seguidos de otros en los que la volatilidad es muy baja y que representan períodos de calma en el mercado.

concentran en el período de crisis y en la primera parte de la post-crisis. Asimismo, el mayor pico de volatilidad se produce el 9 de mayo de 2010, lo cual es reflejo de la caída que sufrió la bolsa española ese día.

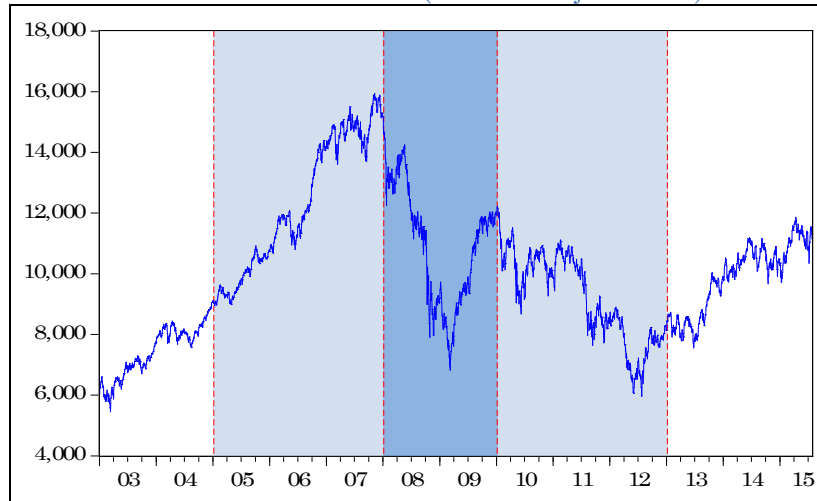
En la Tabla 7.1 se puede observar que la media del rendimiento del IBEX es muy próxima a cero en todos los casos contemplados, resultando significativa únicamente en el período de pre-crisis así como en la segunda parte del mismo. La mediana se comporta de forma muy similar, pues resulta significativa en el período de pre-crisis y en el segundo sub-período de la post-crisis. Se tiene también que en todo el período muestral la mínima rentabilidad (-0.095859) se produce durante la crisis (concretamente el 10 de noviembre de 2008), mientras que la máxima (0,134836) tiene lugar en el período inmediatamente posterior a ésta (19 de mayo de 2010).

Por su parte, la volatilidad (desviación típica al cuadrado) de la serie de rendimientos es más elevada en el período de crisis e inmediatamente después de la misma, lo cual se corresponde con los momentos de turbulencias financieros.

En cuanto a los valores de asimetría y kurtosis, cualquiera de las opciones contempladas, presenta valores superiores a los característicos de una distribución normal (0 y 3, respectivamente). Resulta llamativo que el coeficiente de asimetría sea más elevado en los sub-períodos segundo y primero de la pre-crisis y post-crisis respectivamente, esto es, justo en los períodos anterior y posterior a la crisis, presentando el primer caso asimetría positiva, y el segundo negativa. Por su parte, el coeficiente de kurtosis presenta valores más elevados en el período de crisis y tras la misma, sobre todo en el primer sub-período de post-crisis (la Figura 7.1 ayuda a visualizar los comportamientos descritos).

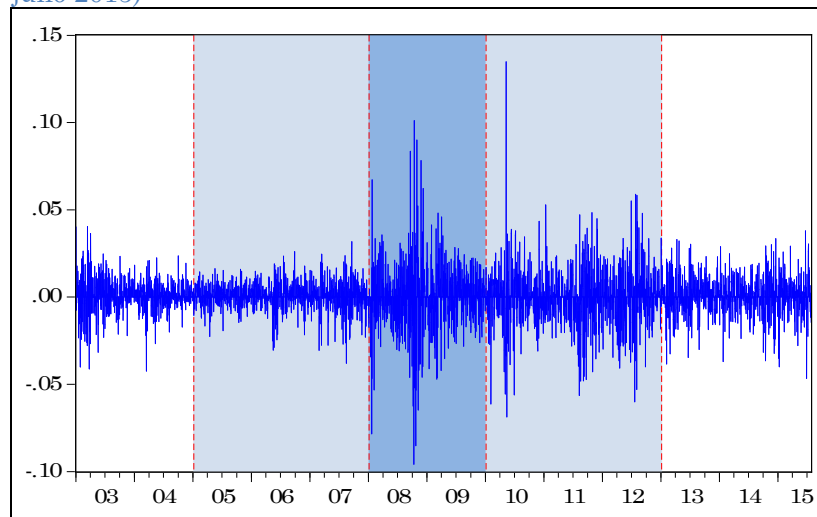
El test de Jaque Bera proporciona una probabilidad límite que lleva a rechazar la normalidad de la serie de rendimientos en cualquiera de las opciones consideradas.

Gráfico 7.1: Evolución del IBEX (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

Gráfico 7.2: Evolución del rendimiento del IBEX (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

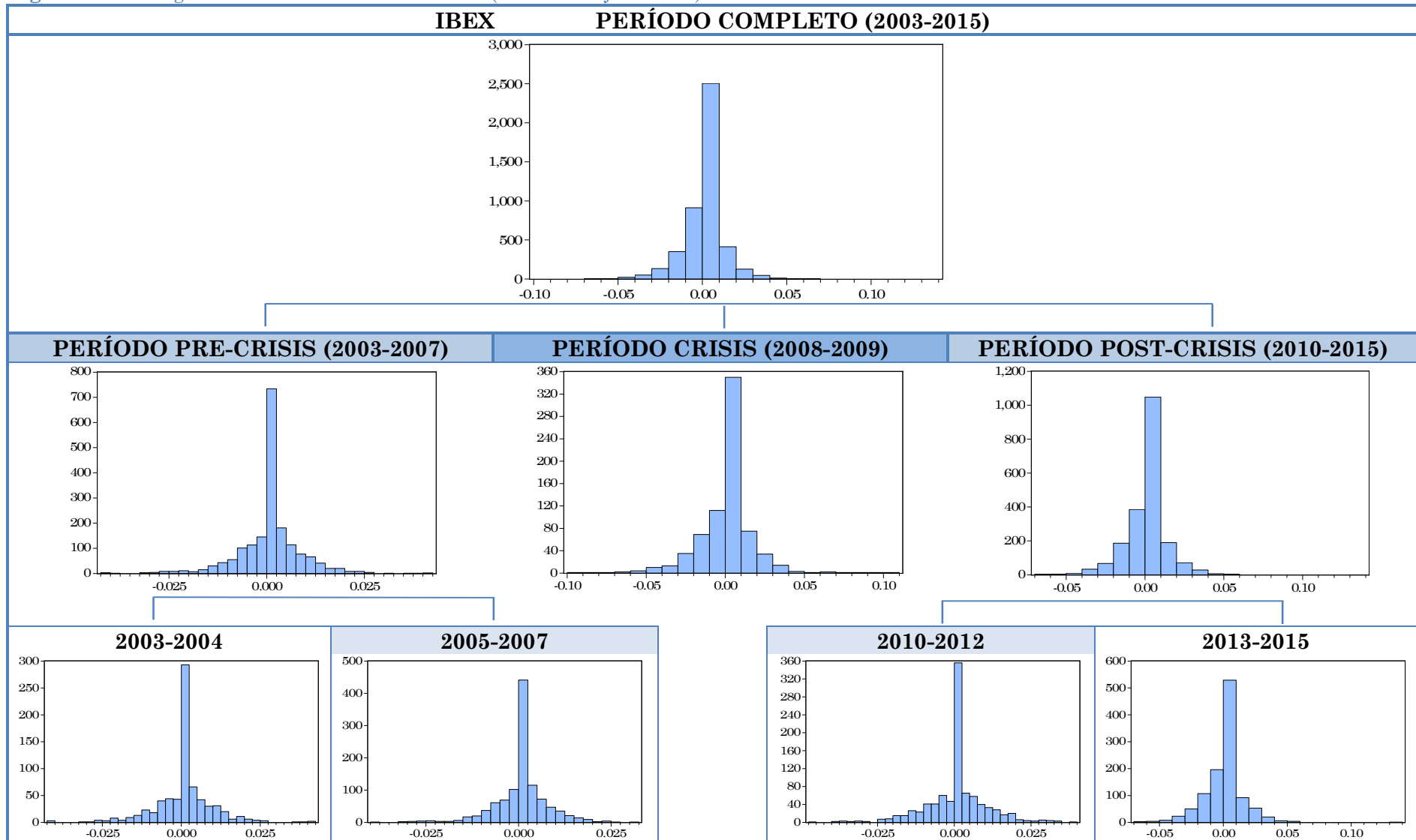
**Tabla 7.1:** Medidas descriptivas, con significación de media y mediana, y normalidad del rendimiento del IBEX (enero 2003-julio 2015)

IBEX (España)	Período Completo 2003/2015	Pre-crisis 2003/2007		Crisis 2008-2009	Post-crisis 2010/2015	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
<b>Media</b>	0.000136 (0.4501)	0.000505 (0.0063*)		-0.000329 (0.6121)	-2.91E-05 (0.9192)	
		0.000559 (0.0915)	0.000469 (0.0289*)		-0.000346 (0.4462)	0.000341 (0.2949)
<b>Mediana</b>	0.000000 (0.0001*)	0.000000 (0.0000*)		0.000000 (0.6256)	0.000000 (0.2126)	
		0.000000 (0.0013*)	0.000000 (0.0005*)		0.000000 (0.6132)	0.000000 (0.0153*)
<b>Máximo</b>	0.134836	0.040470		0.101176	0.134836	
		0.040470	0.031737		0.134836	0.038001
<b>Mínimo</b>	-0.095859	-0.042405		-0.095859	-0.068739	
		-0.042405	-0.037955		-0.068739	-0.046656
<b>Desviación típica</b>	0.012167	0.007887		0.017513	0.012961	
		0.008942	0.007100		0.015051	0.009978
<b>Asimetría</b>	0.112667	-0.290072		0.022000	0.329660	
		-0.146588	-0.476699		0.484155	-0.230725
<b>Kurtosis</b>	13.87530	7.419090		9.701262	11.83328	
		7.177323	6.804007		11.20355	5.626606
<b>Jarque Bera</b>	22634.21 (0.0000*)	1510.562 (0.0000*)		1367.849 (0.0000*)	6652.884 (0.0000*)	
		533.3860 (0.0000*)	701.6869 (0.0000*)		3116.103 (0.0000*)	278.2567 (0.0000*)

\*Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

Figura 7.1: Histogramas del rendimiento del IBEX (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

## 7.2. IPSA

Tal y como se observa en el Gráfico 7.3, el IPSA evoluciona de forma creciente en los primeros años del período muestral considerado, hasta que en 2007 inicia un descenso, justo antes de desencadenarse la crisis financiera. Sin embargo, al comienzo de la misma y hasta mayo de 2008 presenta una leve subida, tras la cual alcanza un valor suelo (en período de crisis) el 8 de noviembre del citado año, fecha en la que, de forma más o menos regular, adquiere una tendencia al alza que mantiene hasta finales de 2010. Desde entonces se puede observar como el índice, tras descender ligeramente, llega a un estancamiento que aún perdura.

El Gráfico 7.4 muestra como los retornos del IPSA, que oscilan al igual que el resto en torno a 0, forman clusters de volatilidad con valores más extremos durante la crisis, produciéndose el mayor pico de la serie (0.118034) el 23 de noviembre de 2008. De igual forma, se observa acumulación de picos de rendimientos negativos en noviembre de 2011 (entre ellos se encuentra el valor mínimo (-0.071728) de la serie de rendimientos), lo cual nos lleva a concluir la persistencia de los efectos de la crisis durante la primera parte de la postcrisis.

Los hallazgos descritos en el comportamiento gráfico del rendimiento del IPSA se precisan en los resultados presentados en la Tabla 7.2. En primer lugar, la media de los rendimientos, siendo positiva, resulta estadísticamente significativa en la pre-crisis así como en los dos sub-períodos en los que ésta se divide, lo cual implicaría que, en promedio, el índice estudiado genera rendimientos positivos para el citado período. De la misma forma, la mediana solo resulta significativa antes de la crisis.

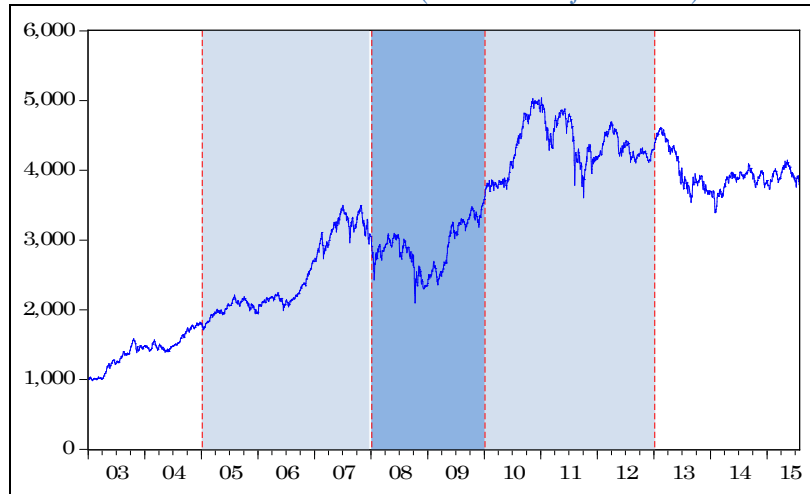


Por otro lado, la desviación típica presenta el valor más elevado en el período de crisis, en el cual se produce, como ya se ha comentado, el clúster de mayor volatilidad.

Por su parte, los valores de los coeficientes de asimetría y kurtosis resultan más elevados (en valor absoluto) tanto en el período de crisis como en los sub-períodos inmediatamente anterior y posterior a la misma. Los referidos valores de asimetría presentan signo positivo únicamente durante la crisis y en el segundo sub-período de post-crisis.

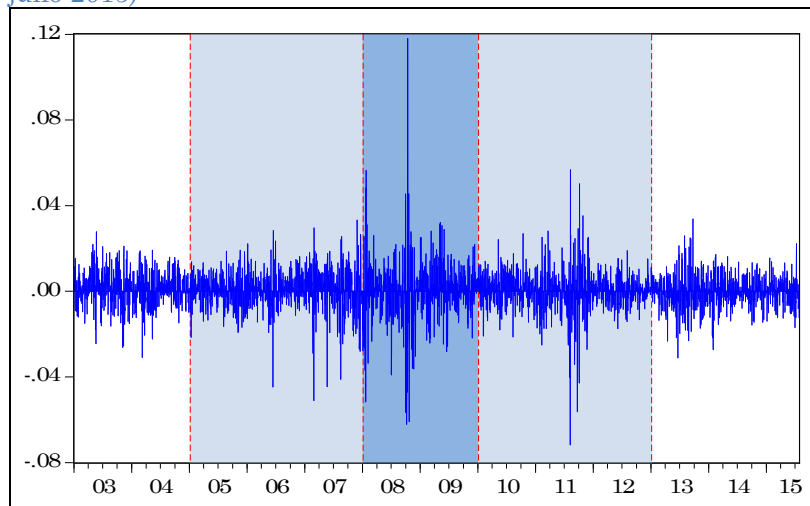
Finalmente, los resultados del test de Jarque Bera ponen de manifiesto el rechazo de la hipótesis de normalidad de los rendimientos del IPSA (en los histogramas de la figura 7.2) se pueden observar los aspectos comentados en relación con los rendimientos de este índice).

**Gráfico 7.3:** Evolución del IPSA (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

**Gráfico 7.4:** Evolución del rendimiento del IPSA (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

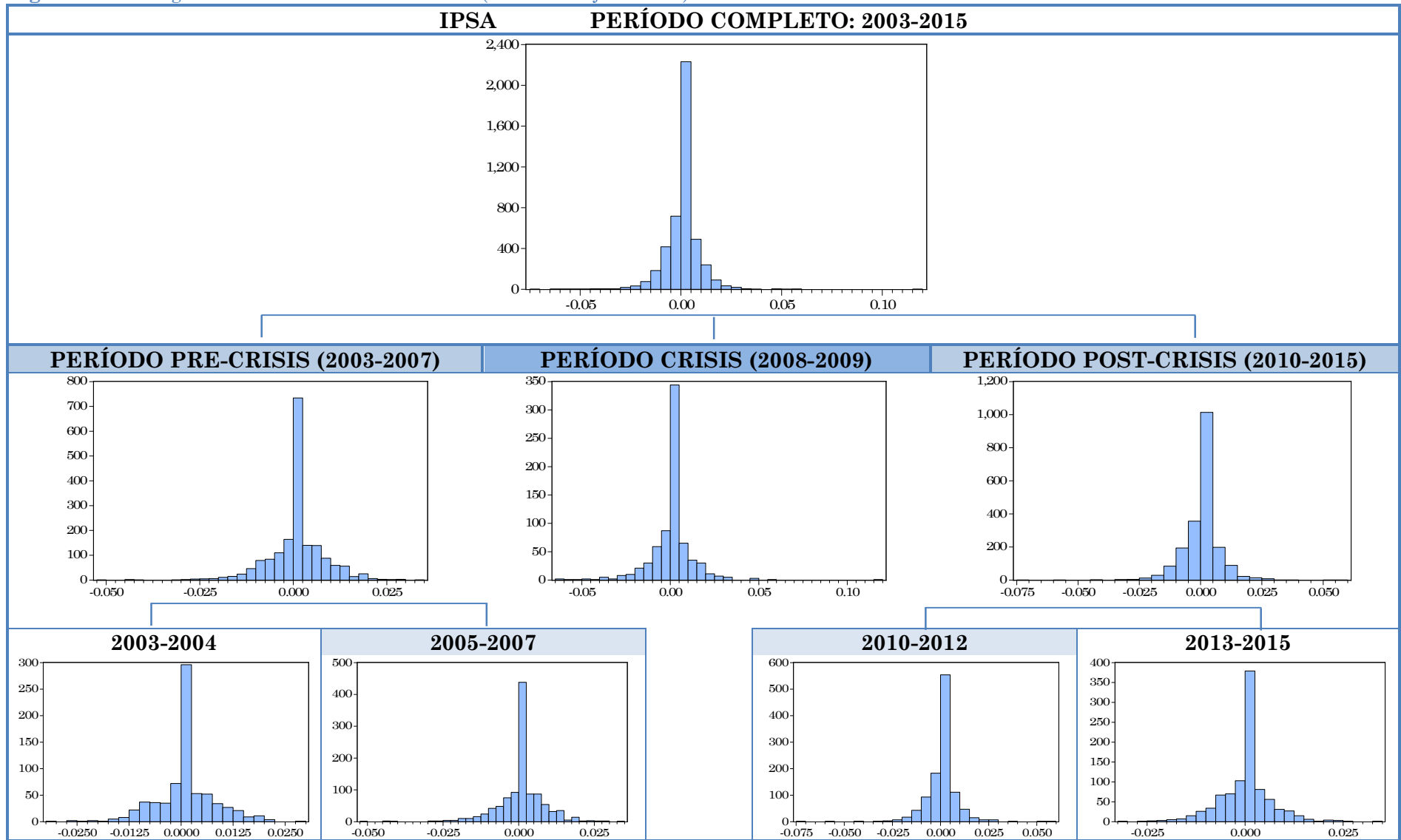
**Tabla 7.2:** Medidas descriptivas, con significación de media y mediana, y normalidad del rendimiento del IPSA (enero 2003-julio 2015)

IPSA (Chile)	Período Completo 2003/2015	Pre-crisis 2003/2007		Crisis 2008-2009	Post-crisis 2010/2015	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
<b>Media</b>	0.000291 (0.0189*)	0.000611 (0.0005*)		0.000219 (0.6321)	3.02E-05 (0.8541)	
		0.000803 (0.0019*)	0.000484 (0.0387*)		0.000167 (0.4942)	-0.000130 (0.5406)
<b>Mediana</b>	0.000000 (0.0005*)	0.000000 (0.0001*)		0.000000 (0.0666)	0.000000 (0.6677)	
		0.000000 (0.0123*)	0.000000 (0.0034*)		0.000000 (0.1078)	0.000000 (0.2858)
<b>Máximo</b>	0.118034	0.033257		0.118034	0.056688	
		0.027799	0.033257		0.056688	0.033759
<b>Mínimo</b>	-0.071728	-0.050985		-0.062146	-0.071728	
		-0.030910	-0.050985		-0.071728	-0.031051
<b>Desviación típica</b>	0.008401	0.007437		0.012355	0.007397	
		0.006961	0.007738		0.008091	0.006494
<b>Asimetría</b>	0.023713	-0.542751		0.600021	-0.412569	
		-0.021695	-0.783469		-0.623729	0.045145
<b>Kurtosis</b>	19.44724	7.835371		18.43974	14.43237	
		5.005365	8.911233		16.54423	6.273864
<b>Jarque Bera</b>	51747.07 (0.0000*)	1867.517 (0.0000*)		7304.689 (0.0000*)	11139.93 (0.0000*)	
		122.3775 (0.0000*)	1706.283 (0.0000*)		8448.439 (0.0000*)	419.6680 (0.0000*)

\*Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

Figura 7.2: Histogramas del rendimiento del IPSA (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

### 7.3. MEXBOL

A la luz del Gráfico 7.5 se podría concluir, en líneas generales, que la tendencia del índice MEXBOL es alcista a lo largo de todo el período muestral considerado de no ser por las consecuencias que la crisis financiera produjo sobre el mercado. En concreto, tras un decrecimiento leve justo antes de 2008, la cotización del índice comienza el período de crisis aumentando hasta mayo del citado año, mes en el cual se pone de manifiesto la influencia negativa de la crisis financiera que, en principio, dura hasta noviembre, momento en el que parece que el mercado remonta. En realidad, el remonte, al truncarse a comienzos de 2009, no es definitivo hasta marzo del mismo año, fecha a partir de la cual no se encuentran hallazgos dignos de mención en lo que se refiere al comportamiento característico de los índices financieros, salvo que muestra una tendencia persistente al alza.

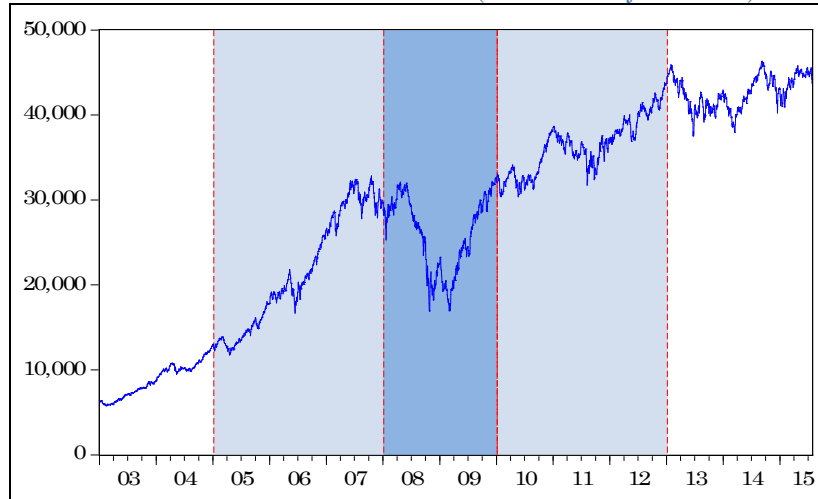
La serie de rendimientos del índice MEXBOL (Gráfica \*\*) presenta elevada volatilidad sobre todo en el período de crisis y en los sub-períodos considerados justamente antes y después de la misma. A medida que nos alejamos de períodos turbulentos en el mercado la volatilidad disminuye considerablemente (antes y después de la crisis).

En la Tabla 7.3 se tiene que la media del rendimiento del MEXBOL es significativamente distinto de cero para el período de pre-crisis, así como para los sub-períodos en los que este se divide. Un comportamiento muy parecido se pone de manifiesto en la mediana, que se diferencia del anterior en que también resulta significativamente distinta de cero para el primer sub-período de post-crisis. Los valores extremos máximo (0.104407) y mínimo (-0.072661) se producen en el período de crisis, los días 24 y 22 de noviembre de 2008, respectivamente, llamando la

atención que al considerar períodos más pequeños, los valores máximo y mínimo son menores (en valor absoluto) a medida que el período se encuentre mas lejos de la citada crisis. Por su parte, la mayor volatilidad se produce en el período de crisis, resultando mayor en los sub-períodos considerados inmediatamente antes y después de la misma.

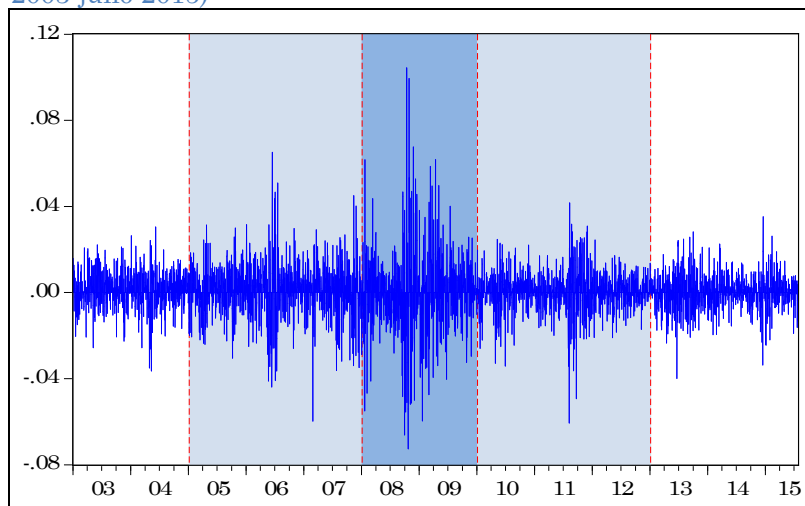
Se puede observar también que la asimetría que muestra la rentabilidad del MEXBOL es negativa en todos los casos salvo para el período de crisis, en el cual es positiva, destacando el hecho de que la asimetría negativa es más acusada tras la crisis que en los períodos anteriores a la misma. El mismo comportamiento muestra el coeficiente de kurtosis, con valores en todos los casos, muy por encima de la kurtosis de una distribución normal. Todo ello conduce, lógicamente, al rechazo en todos los períodos y sub-períodos considerados, de que los rendimientos del MEXBOL sigan una distribución normal, tal y como ponen de manifiesto los resultados del test de Jaque Bera.

Gráfico 7.5: Evolución del MEXBOL (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

Gráfico 7.6: Evolución del rendimiento del MEXBOL (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

**Tabla 7.3:** Medidas descriptivas, con significación de media y mediana, y normalidad del rendimiento del MEXBOL (enero 2003-julio 2015)

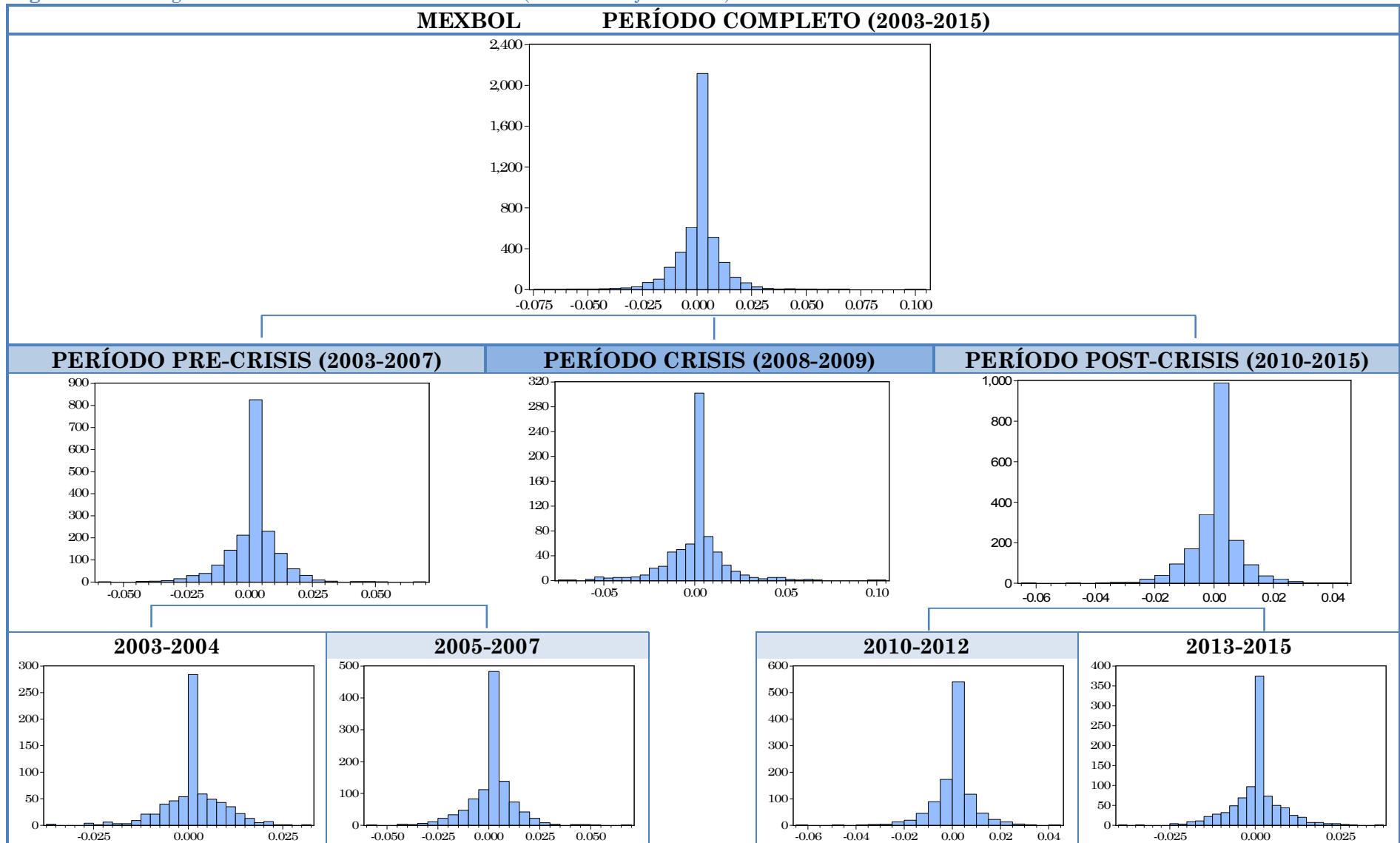
MEXBOL (México)	Periodo Completo 2003/2015	Pre-crisis 2003/2007		Crisis 2008-2009	Post-crisis 2010/2015	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
<b>Media</b>	0.000429 (0.0052*)	0.000862 (0.0001*)		0.000115 (0.8532)	0.000154 (0.3702)	
		0.001022 (0.0003*)	0.000755 (0.0204*)		0.000281 (0.2521)	5.94E-06 (0.9801)
<b>Mediana</b>	0.000000 (0.0000*)	0.000000 (0.0000*)		0.000000 (0.2118)	0.000000 (0.1816)	
		0.000000 (0.0001*)	0.000000 (0.0000*)		0.000000 (0.0381*)	0.000000 (0.8133)
<b>Máximo</b>	0.104407	0.065101		0.104407	0.041672	
		0.030456	0.065101		0.041672	0.035251
<b>Mínimo</b>	-0.072661	-0.059775		-0.072661	-0.060620	
		-0.036446	-0.059775		-0.060620	-0.039913
<b>Desviación típica</b>	0.010405	0.009628		0.016754	0.007756	
		0.007628	0.010759		0.008119	0.007311
<b>Asimetría</b>	0.127802	-0.145483		0.394842	-0.403145	
		-0.327591	-0.081295		-0.618429	-0.069396
<b>Kurtosis</b>	13.55202	7.795874		9.471155	8.707507	
		5.755715	7.370346		9.937481	6.340492
<b>Jarque Bera</b>	21311.89 (0.0000*)	1755.427 (0.0000*)		1294.462 (0.0000*)	2817.266 (0.0000*)	
		244.0399 (0.0000*)	872.6403 (0.0000*)		2267.736 (0.0000*)	437.3452 (0.0000*)

\*Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia



Figura 7.3: Histogramas del rendimiento del MEXBOL (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

## 7.4. COLCAP

La trayectoria del COLCAP (Gráfico 7.7), con una evolución, en líneas generales, algo distinta a la del resto de índices analizados, presenta un acusado ascenso desde 2005 hasta comienzo de 2006, momento en el que cae bruscamente hasta alcanzar un valor suelo que marca el comienzo de la tendencia alcista a mediados del mismo año. La citada tendencia mantiene su signo hasta que se ponen de manifiesto los efectos negativos de la crisis financiera, si bien no tan acusados como en el resto de valores analizados. En este sentido, cabe reseñar que el comienzo de la recuperación del COLCAP tiene lugar el 28 de octubre de 2008 (anterior, por tanto, a la fecha de comienzo de recuperación que tienen el resto de índices). El ascenso del valor de cotización se produce de manera rápida, alcanzando su techo el 4 de noviembre de 2010, momento en el que la tendencia se convierte en bajista hasta el 25 de noviembre de 2011. A partir de ese momento comienza una ligera mejoría en el mercado que tan solo se mantiene hasta febrero de 2013, perdurando durante todo el sub-período segundo de post-crisis una tendencia bajista.

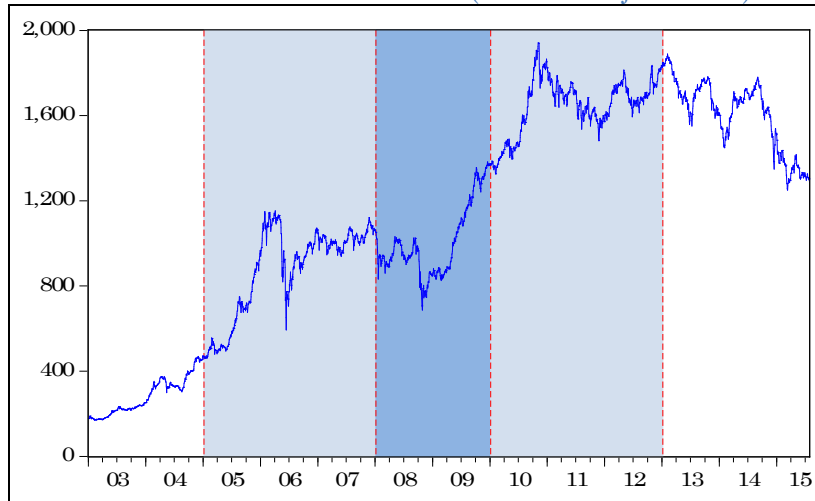
La serie de rendimientos del COLCAP (Gráfico 7.8) presenta mayor volatilidad en el segundo sub-período de post-crisis (los valores más extremos se producen en dicho sub-período), seguido por el período de crisis. Tras el período convulso se manifiesta cierta calma en el mercado, pues se observa menor variabilidad en la serie de rendimientos.

El análisis descriptivo de los rendimientos del COLCAP (Tabla 7.4) revela que la media, salvo para el período de pre-crisis y primer sub-período de la misma, no resulta significativamente distinta de cero. En cambio, los resultados del test de significación de la mediana ponen de

manifiesto como ésta es significativamente distinta de cero en el período y sub-períodos de pre-crisis. Se observa también que el valor máximo y mínimo de rentabilidad se producen en pre-crisis: concretamente, el máximo (0.181263) tiene lugar el día 15 de junio de 2006, mientras que el mínimo (-0.132538) se da tan solo tres días antes (12 de Junio de 2006). Por su parte, la mayor desviación típica (0.015534) se presenta en el segundo sub-período de pre-crisis. En lo que se refiere al coeficiente de asimetría, que resulta positiva únicamente en el período de pre-crisis y en los dos sub-períodos en los que éste se divide, presenta su mayor valor absoluto (-0.584925) durante el período de crisis; en cambio el valor más elevado de kurtosis se observa para el período completo (35.63117), seguido del valor que presenta el período de pre-crisis (35.49750).

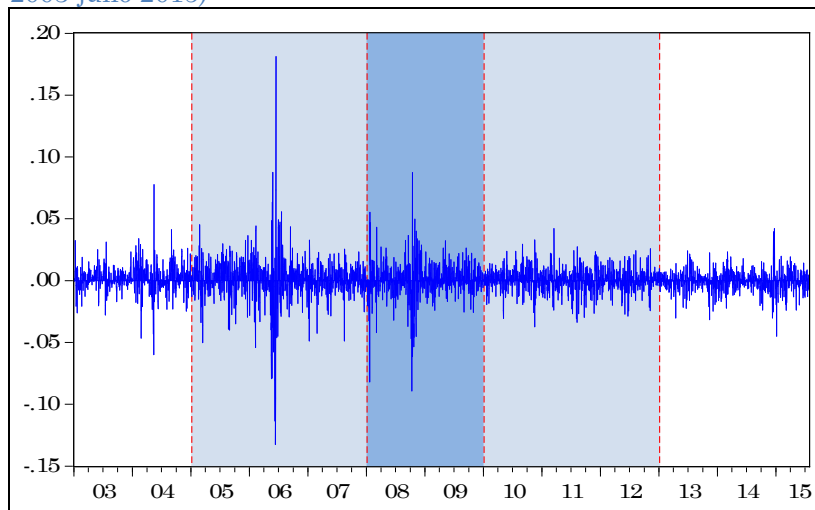
Por su parte, el test de Jarque Bera rechaza la normalidad de los rendimientos del COLCAP en todos los casos.

**Gráfico 7.7:** Evolución del COLCAP (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

**Gráfico 7.8:** Evolución del rendimiento del MEXBOL (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

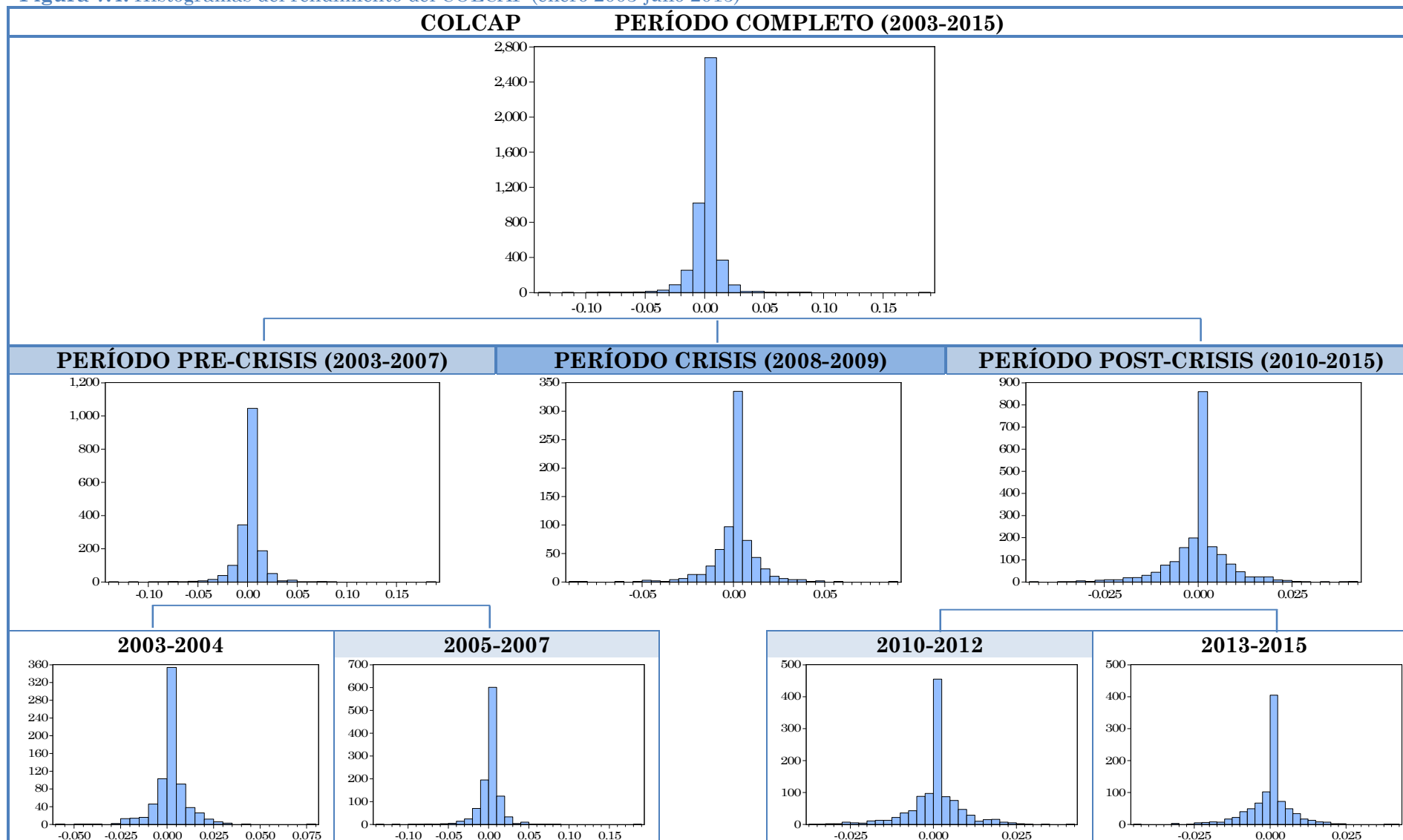
**Tabla 7.4:** Medidas descriptivas, con significación de media y mediana, y normalidad del rendimiento del COLCAP (enero 2003-julio 2015)

COLCAP (Colombia)	Período Completo 2003/2015	Pre-crisis 2003/2007		Crisis 2008-2009	Post-crisis 2010/2015	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
<b>Media</b>	0.000434 (0.0078*)	0.000981 (0.0018*)		0.000344 (0.4568)	-2.49E-05 (0.8814)	
		0.001331 (0.0002*)	0.000747 (0.1117)		0.000268 (0.2596)	-0.000366 (0.1165)
<b>Mediana</b>	0.000000 (0.0000*)	0.000000 (0.0000*)		0.000000 (0.1883)	0.000000 (0.7043)	
		0.000000 (0.0000*)	0.000000 (0.0007*)		0.000000 (0.1045)	0.000000 (0.2464)
<b>Máximo</b>	0.181263	0.181263		0.087315	0.042155	
		0.077641	0.181263		0.042067	0.042155
<b>Mínimo</b>	-0.132538	-0.132538		-0.089239	-0.044898	
		-0.059900	-0.132538		-0.037419	-0.044898
<b>Desviación típica</b>	0.011047	0.013441		0.012495	0.007541	
		0.009471	0.015534		0.007855	0.007147
<b>Asimetría</b>	-0.070800	0.057885		-0.584925	-0.244601	
		0.204909	0.059955		-0.233725	-0.290848
<b>Kurtosis</b>	35.63117	35.49750		15.21433	7.713182	
		13.56319	31.93758		6.935345	8.906905
<b>Jarque Bera</b>	203690.0 (0.0000*)	80307.68 (0.0000*)		4585.756 (0.0000*)	1903.861 (0.0000*)	
		3399.032 (0.0000*)	38206.27 (0.0000*)		717.2155 (0.0000*)	1378.369 (0.0000*)

\*Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

Figura 7.4: Histogramas del rendimiento del COLCAP (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

## 7.5. IGBVL

En la evolución de la cotización del IGBVL (Gráfico 7.9) se puede observar como este índice crece de forma exponencial hasta final del segundo período de pre-crisis (julio de 2007). Aun así, tras un estrepitoso descenso, se puede decir que el índice comienza el período de crisis al alza (hasta abril de 2008), posiblemente por el traslado de inversiones desde el mercado norteamericano que beneficiaría, aunque tan solo fuese en un principio, a los mercados de los países emergentes latinoamericanos, entre ellos el peruano. No obstante, los efectos devastadores de la crisis terminan haciéndose patentes y perduraran hasta febrero de 2009, cuando la tendencia pasa a ser acusadamente alcista hasta enero de 2011, a excepción de los meses que van de septiembre de 2009 a mitad de año de 2010, cuando parece estar estancada. Se puede observar también, sobre todo en lo que se considera segundo período de post-crisis, un descenso notable en la cotización del índice.

Los rendimientos del IGBVL (Gráfico 7.10) presentan una volatilidad mayor en el período de crisis, seguida de la que presentan los sub-períodos anterior y posterior a la misma, pre-crisis segunda y post-crisis primera, siendo más acusada en este último.

En la Tabla 7.5 se ve como la media de los rendimientos, situada en torno a cero para todos los casos, resulta significativa estadísticamente para el período de pre-crisis y los considerados dentro de éste. Por su parte, las conclusiones acerca de la mediana coinciden con las de la media, resultando no significativa únicamente para los períodos de crisis y los considerados tras la misma. Se puede ver también como los valores máximo (0.128156) y mínimo (-0.132908) se producen en los períodos de

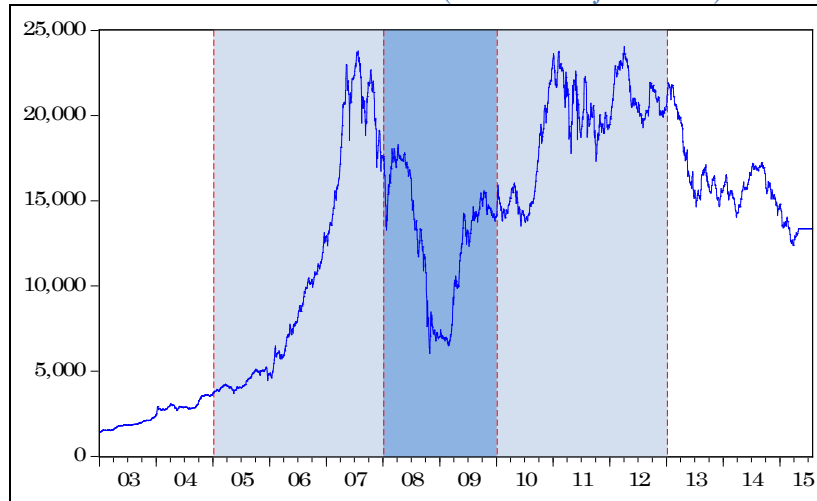
crisis y post-crisis, respectivamente, en concreto los días 13 de noviembre de 2008 y 6 de junio de 2011.

La concentración de la mayor volatilidad en el período de crisis se confirma por el valor de la desviación típica (0.020107) que presenta dicho período y que resulta ser el más elevado de los que muestran los períodos considerados, si bien se hace patente como la desviación estándar disminuye cuanto más alejado se sitúa el período en cuestión respecto del de crisis.

La asimetría que presenta la serie de rentabilidad del IGBVL, salvo para el primer período de pre-crisis, resulta ser negativa (el mayor grado de asimetría negativa se produce en el primer sub-período de post-crisis). También se pone de manifiesto la leptokurtosis característica de las series financieras (valores del coeficiente de kurtosis muy por encima de tres), especialmente en la post-crisis y en el primer sub-período de ésta. Con todo ello, como era de esperar, el test de Jaque Bera permite descartar la normalidad de los rendimientos en los casos considerados.

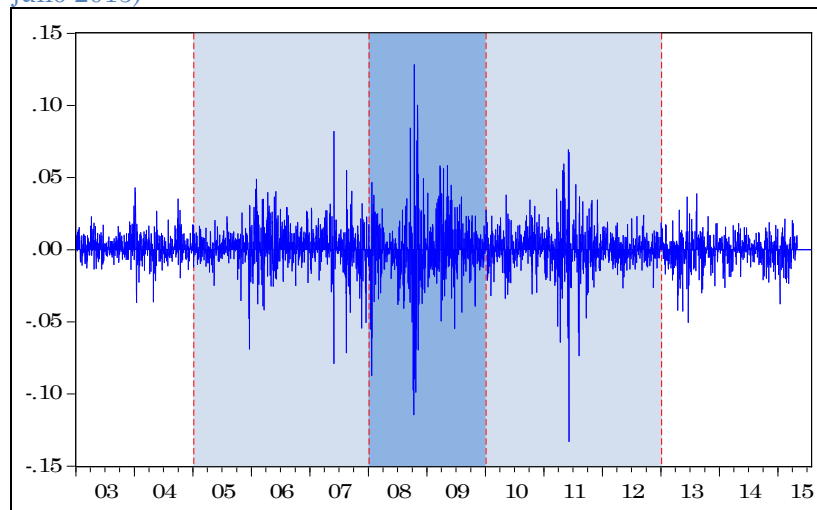


Gráfico 7.9: Evolución del IGVBL (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

Gráfico 7.10: Evolución del rendimiento del IGBVL (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

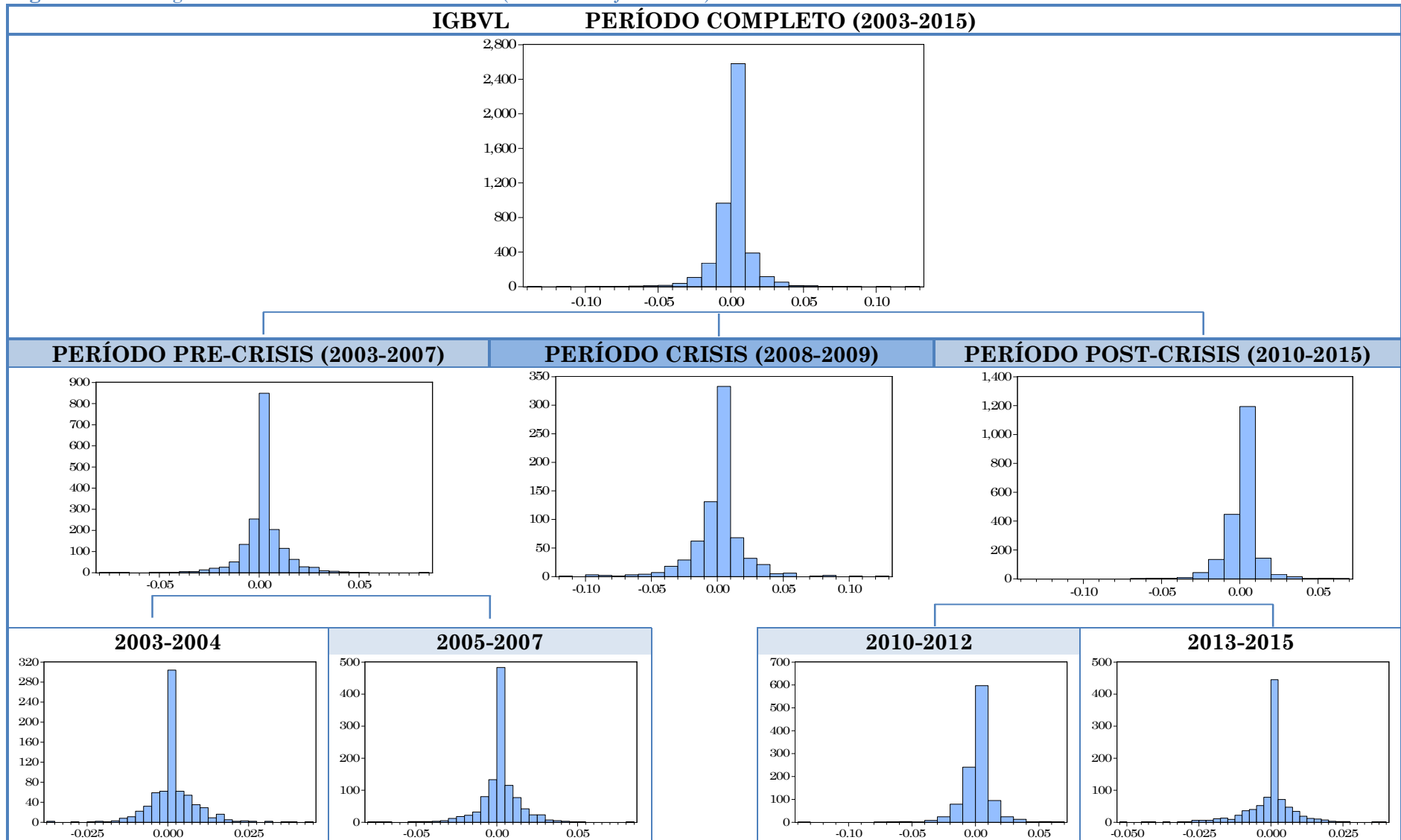
**Tabla 7.5:** Medidas descriptivas, con significación de media y mediana, y normalidad del rendimiento del IGBVL (enero 2003-julio 2015)

IGBVL (Perú)	Período Completo 2003/2015	Pre-crisis 2003/2007		Crisis 2008-2009	Post-crisis 2010/2015	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
<b>Media</b>	0.000493 (0.0078*)	0.001388 (0.0000*)		-0.000291 (0.6957)	-2.86E-05 (0.9020)	
		0.001343 (0.0000*)	0.001418 (0.0001*)		0.000343 (0.3549)	-0.000462 (0.0722)
<b>Mediana</b>	0.000000 (0.0000*)	0.000000 (0.0000*)		0.000000 (0.2817)	0.000000 (0.1807)	
		0.000000 (0.0000*)	0.000000 (0.0000*)		0.000000 (0.2294)	0.000000 (0.5355)
<b>Máximo</b>	0.128156	0.082050		0.128156	0.069163	
		0.042868	0.082050		0.069163	0.038708
<b>Mínimo</b>	-0.132908	-0.078929		-0.114409	-0.132908	
		-0.036686	-0.078929		-0.132908	-0.050503
<b>Desviación típica</b>	0.012546	0.010520		0.020107	0.010472	
		0.007307	0.012203		0.012264	0.007868
<b>Asimetría</b>	-0.578930	-0.332037		-0.225656	-1.157923	
		0.568439	-0.440670		-1.198939	-0.858794
<b>Kurtosis</b>	19.60730	12.38892		11.51057	23.37514	
		9.191282	10.62797		21.84309	9.417218
<b>Jarque Bera</b>	53015.16 (0.0000*)	6736.746 (0.0000*)		2212.297 (0.0000*)	35655.70 (0.000000*)	
		1205.244 (0.0000*)	2690.173 (0.0000*)		16477.07 (0.0000*)	1726.617 (0.0000*)

\*Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

Figura 7.5: Histogramas del rendimiento del IGBVL (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

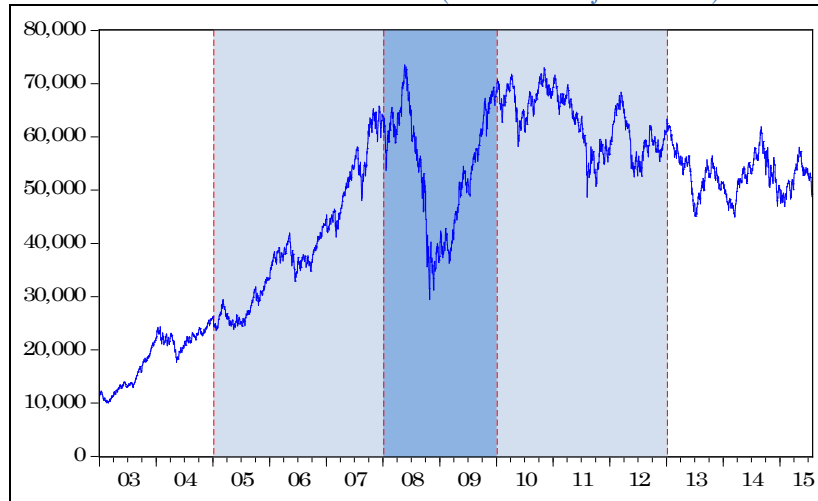
## **7.6. IBOV**

La evolución de la cotización del IBOV (Gráfico 7.11), pese a mostrar un leve decrecimiento al comenzar la crisis financiera, no es hasta mayo de 2008 cuando se produce la caída estrepitosa que tocará suelo el 27 de noviembre del mismo año. A partir de entonces el ascenso del índice es continuado hasta final de 2009, momento en el que de forma paulatina el índice va perdiendo valor, quedándose más estancado a partir de 2013.

Los rendimientos del IBOV (Gráfico 7.12) muestran su período de mayor volatilidad durante la crisis financiera, pues es cuando el rendimiento presenta una mayor variabilidad. Resulta llamativo el pico de rendimiento negativo en el primer sub-período de post-crisis, y como la volatilidad es, en general, mayor en el segundo sub-período de post-crisis.

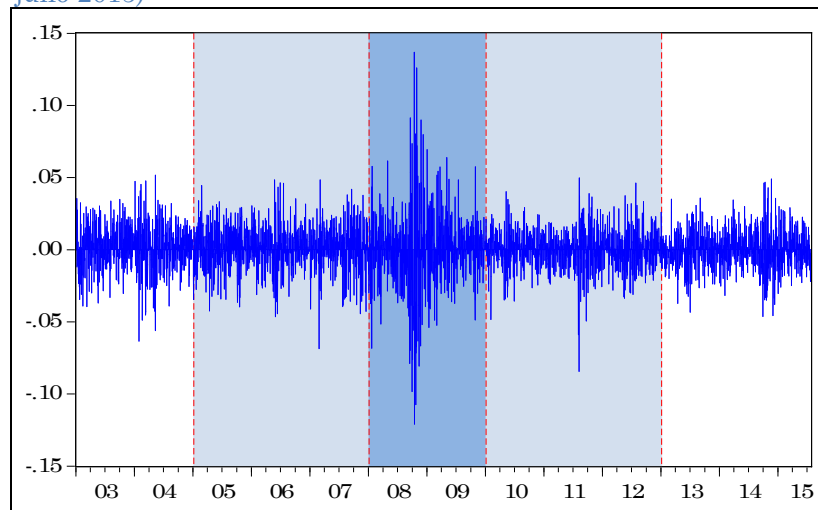
La Tabla 7.6 muestra como la media de los rendimientos del IBOV, muy próxima a cero en todos los casos, resulta estadísticamente significativa en el período de pre-crisis y los sub-períodos de ésta. Idénticas conclusiones se extraen para la mediana: estadísticamente significativa en los períodos y sub-períodos de pre-crisis. Tanto el valor máximo (0.136782) como el mínimo (-0.120961) se producen en el período de crisis, observándose la mayor volatilidad en dicho período. Por otro lado, el coeficiente de asimetría es negativo en todos los casos, salvo en el período de crisis y el segundo sub-período de post-crisis, resultando la mayor asimetría negativa en el primer sub-período de post-crisis. En todos los períodos considerados se aprecia leptokurtosis, siendo ésta más acusada en el período de crisis. Por último, cabe decir que la rentabilidad del IBOV no sigue una distribución normal atendiendo a los resultados arrojados por el test de Jaque Bera.

Gráfico 7.11: Evolución del IBOV (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

Gráfico 7.12: Evolución del rendimiento del IBOV (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

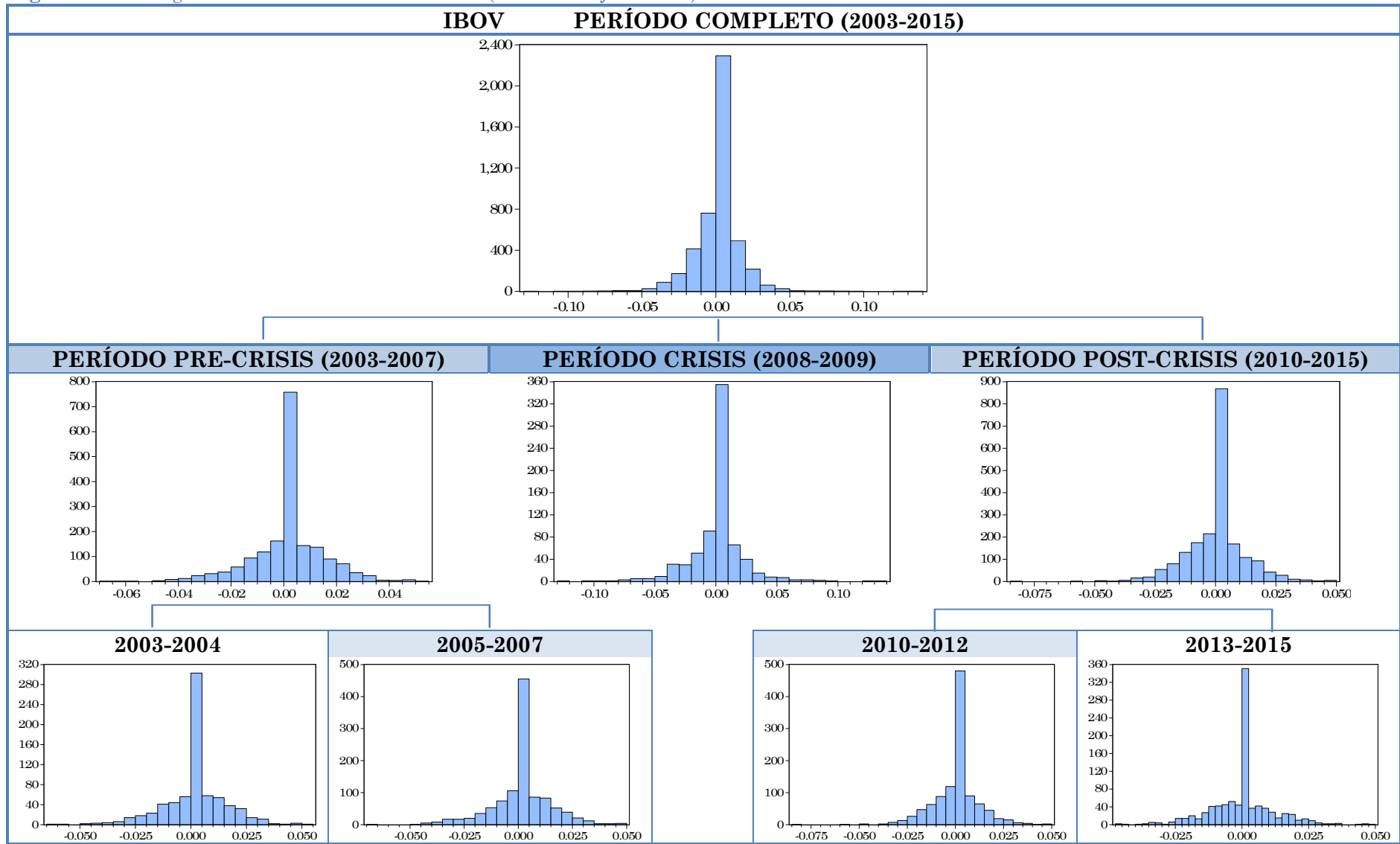
**Tabla 7.6:** Medidas descriptivas, con significación de media y mediana, y normalidad del rendimiento del IBOV (enero 2003-julio 2015)

IBOV (Brasil)	Período Completo 2003/2015	Pre-crisis 2003/2007		Crisis 2008-2009	Post-crisis 2010/2015	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
<b>Media</b>	0.000323 (0.1332)	0.000951 (0.0026*)		9.72E-05 (0.9068)	-0.000159 (0.5380)	
		0.001156 (0.0241*)	0.000814 (0.0421*)		-0.000108 (0.7580)	-0.000218 (0.5677)
<b>Mediana</b>	0.000000 (0.0080*)	0.000000 (0.0001*)		0.000000 (0.1056)	0.000000 (0.4838)	
		0.000000 (0.0012*)	0.000000 (0.0168*)		0.000000 (0.9123)	0.000000 (0.2346)
<b>Máximo</b>	0.136782	0.051615		0.136782	0.049752	
		0.051615	0.048447		0.049752	0.048988
<b>Mínimo</b>	-0.120961	-0.068566		-0.120961	-0.084306	
		-0.063408	-0.068566		-0.084306	-0.046272
<b>Desviación típica</b>	0.014572	0.013468		0.022435	0.011631	
		0.013809	0.013240		0.011568	0.011711
<b>Asimetría</b>	-0.046544	-0.269900		0.130474	-0.159394	
		-0.277050	-0.267010		-0.376247	0.085029
<b>Kurtosis</b>	11.81497	5.281939		10.21068	6.557695	
		5.237449	5.304045		7.816574	5.165497
<b>Jarque Bera</b>	14865.73 (0.0000*)	418.1249 (0.0000*)		1585.723 (0.0000*)	1081.842 (0.0000*)	
		161.6100 (0.0000*)	255.2171 (0.0000*)		1085.297 (0.0000*)	184.6034 (0.0000*)

\*Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

Figura 7.6: Histogramas del rendimiento del IBOV (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

## **7.7. Merval**

La cotización del Merval (Gráfico 7.13) presenta, en general, una evolución al alza sin que la influencia de la crisis financiera sea tan acusada como la que se pone de manifiesto en otros mercados. En este sentido, cabe decir que el primer cambio de tendencia que surge en el período de crisis se produce meses después de comenzar la misma, concretamente en mayo de 2009, y que permanece hasta enero de 2008, momento en el que comienza la temprana recuperación que mantendrá la tendencia al alza del mercado hasta agosto de 2011. Es entonces cuando comienza un nuevo decrecimiento que se prolonga hasta el 22 de noviembre de 2012, fecha que supone el inicio de un ascenso vertiginoso, interrumpido únicamente por el segundo semestre de 2014.

En lo que respecta a los rendimientos del Merval (Gráfico 7.14), al igual que en la mayoría de índices considerados, los mayores clusters de volatilidad se producen en el período de crisis, siendo también éste el período donde se observan los valores más extremos de la serie en cuestión. Cabe destacar, asimismo, la mayor volatilidad que se produce en el segundo sub-período de post-crisis, especialmente a partir del segundo semestre de 2014 (momento en el que, como ya se ha comentado, se interrumpe con una brusca bajada el espectacular crecimiento del Merval en ese sub-período).

En primer lugar, en la Tabla 7.7 queda reflejado como la media del rendimiento del Merval se sitúa en valores muy próximos a cero para los períodos y sub-períodos estudiados, resultando no significativa en el período de crisis y en los sub-períodos inmediatamente anterior y posterior (pre-crisis segundo y post-crisis primero). La mediana, por su

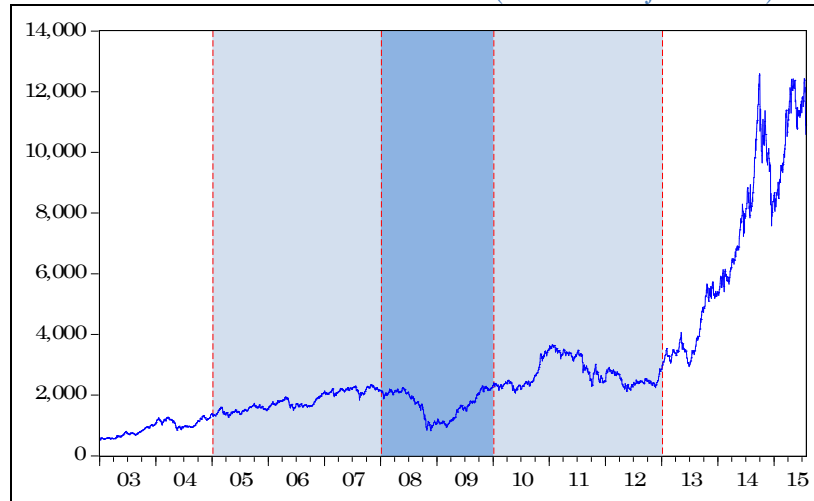


parte, muestra significación únicamente en el período y sub-períodos de pre-crisis y en período y segundo sub-período de post-crisis.

Para el caso del Merval, y en consonancia con lo observado en el Gráfico 7.14, la mayor volatilidad se pone de manifiesto en el período de crisis, mostrándose, además, que al subdividir los períodos anterior y posterior a la misma, la volatilidad mayor se da en el segundo sub-período de post-crisis.

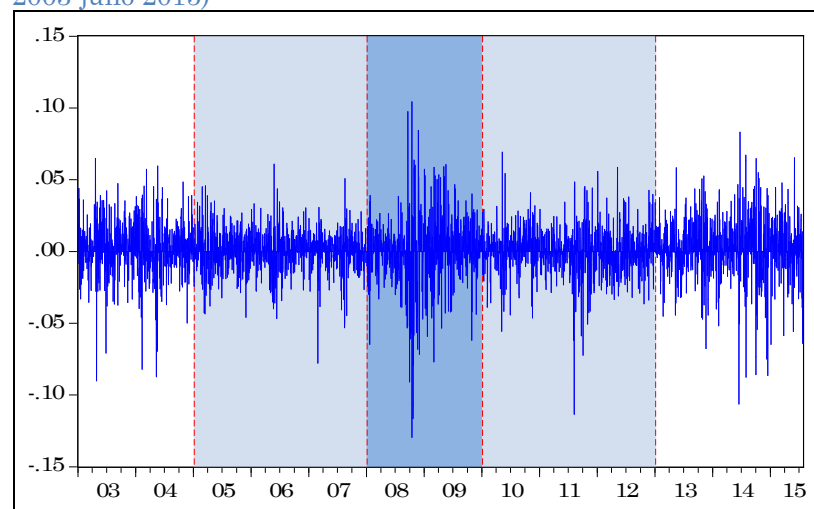
Al igual que la volatilidad, el coeficiente de asimetría es mayor en valor absoluto para los períodos de crisis y el segundo de post-crisis, presentando tanto en estos casos como en los demás signo negativo y, en consecuencia, asimetría hacia la izquierda. Por su parte, el coeficiente de kurtosis, que supera con creces al de una distribución normal para todos los casos contemplados, toma su valor más elevado para el primer sub-período de postcrisis. Finalmente, el test de Jaque Bera revela que los rendimientos no siguen una distribución normal en ningún caso, confirmando lo que ya apuntaban los resultados de la asimetría y la kurtosis.

Gráfico 7.13: Evolución del Merval (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

Gráfico 7.14: Evolución del rendimiento del Merval (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

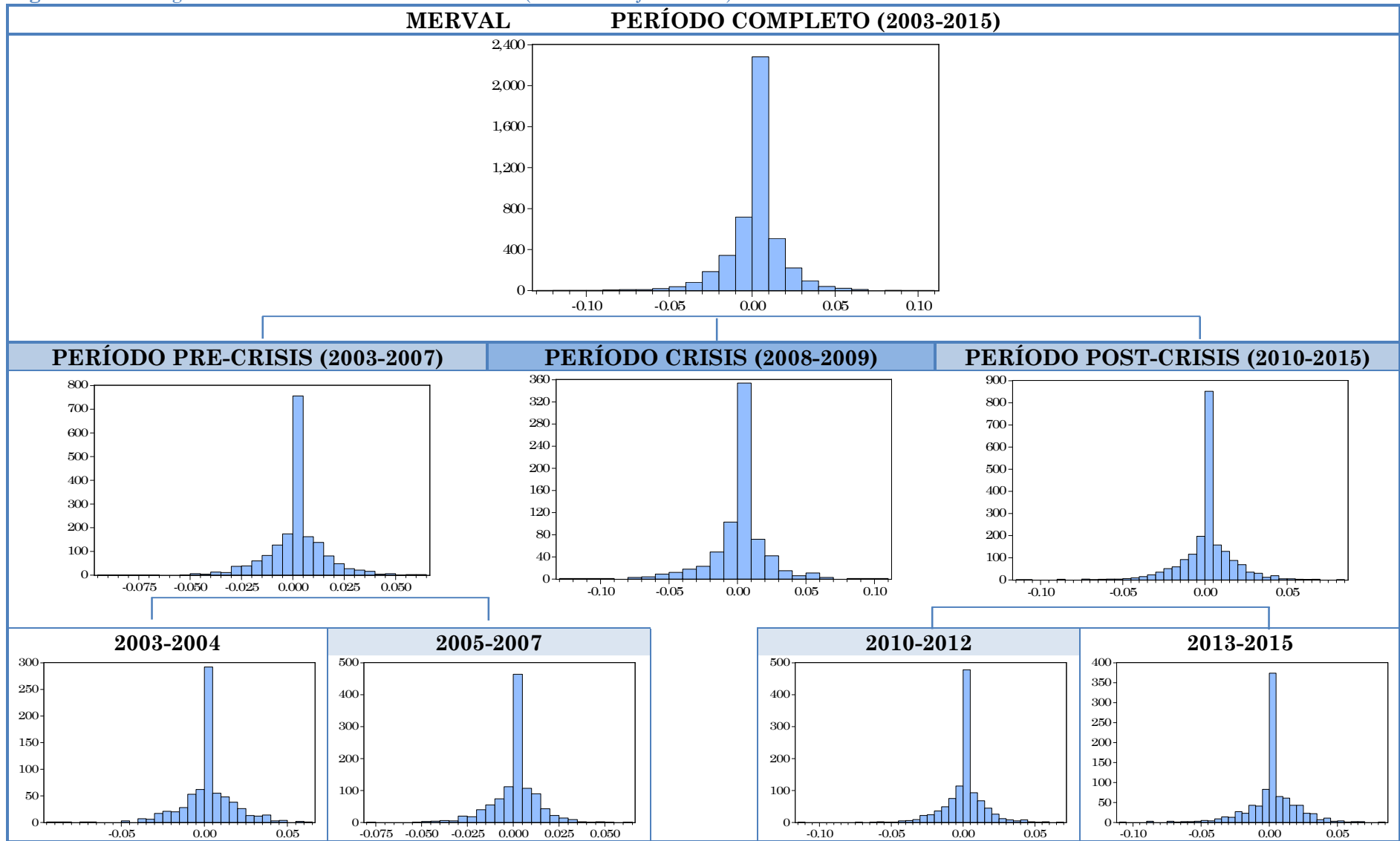
**Tabla 7.7:** Medidas descriptivas, con significación de media y mediana, y normalidad del rendimiento del Merval (enero 2003-julio 2015)

Merval (Argentina)	Período Completo 2003/2015	Pre-crisis 2003/2007		Crisis 2008-2009	Post-crisis 2010/2015	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
Media	0.000662 (0.0061*)	0.000773 (0.0186*)		0.000103 (0.8952)	0.000762 (0.0349*)	
		0.001319 (0.0289*)	0.000409 (0.2707)		0.000189 (0.6553)	0.001431 (0.0185*)
Mediana	0.000000 (0.0000*)	0.000000 (0.0004*)		0.000000 (0.0709)	0.000000 (0.0047*)	
		0.000000 (0.0123*)	0.000000 (0.0128*)		0.000000 (0.1714)	0.000000 (0.0080*)
Máximo	0.104316	0.064864		0.104316	0.083199	
		0.064864	0.060860		0.069183	0.083199
Mínimo	-0.129516	-0.090215		-0.129516	-0.113521	
		-0.090215	-0.077866		-0.113521	-0.106400
Desviación típica	0.016349	0.014019		0.021215	0.016287	
		0.016285	0.012274		0.013998	0.018591
Asimetría	-0.638293	-0.508373		-0.697219	-0.583130	
		-0.571300	-0.442082		-0.550898	-0.622661
Kurtosis	10.24222	8.320102		9.914399	9.085302	
		7.995311	7.205074		10.34371	7.773426
Jarque Bera	10344.9 (0.0000*)	2230.854 (0.0000*)		1515.405 (0.0000*)	3255.242 (0.0000*)	
		798.7012 (0.0000*)	842.4378 (0.0000*)		2518.243 (0.0000*)	952.1625 (0.0000*)

\*Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

Figura 7.7: Histogramas del rendimiento del MERVAL (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

## 7.8. IBVC

El comportamiento mostrado por el IBVC (Gráfico 7.15) es totalmente distinto al que se viene observando en el resto de índices analizados, siendo el principal motivo de ello el escaso volumen de negociación que con el que se opera en la bolsa de Caracas. El índice comienza un leve ascenso en 2011, justo cuando Hugo Chávez anuncia su enfermedad, y se va convirtiendo en más acusado pasado 2012. La crisis política de Venezuela, propiciada por la citada enfermedad de Hugo Chávez y continuada con el nombramiento de Nicolás Maduro como presidente de la república, supuso la posibilidad de un cambio en las políticas proteccionistas del país, propiciando así la llegada de inversores extranjeros que empujan al alza la bolsa en el segundo período de post-crisis.

Los rendimientos del IBVC (Gráfico 7.16) presentan una volatilidad mucho menor que el resto de índices estudiados. En concreto, la mayor volatilidad se produce en la post-crisis, comportamiento lógico teniendo en cuenta que es cuando aumenta el volumen de negociación en este mercado.

En la Tabla 7.8 se observa que la media del rendimiento es muy próxima a cero en todos los casos contemplados, siendo menor en el período de crisis y en los sub-períodos más cercanos a ésta (pre-crisis segundo y post-crisis primero). Ahora bien, el rendimiento medio no resulta significativamente distinto de cero en el segundo período de pre-crisis y en la crisis. Estas mismas conclusiones se obtienen en relación con la mediana.

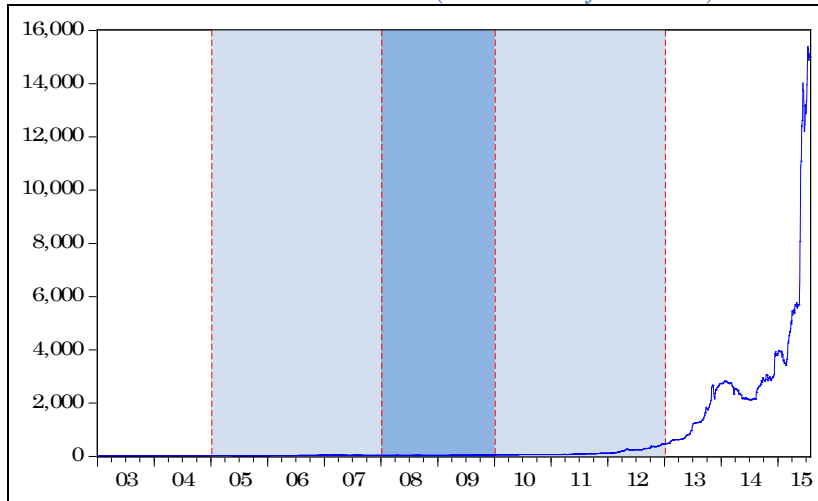
También se tiene que los rendimientos presentan su valor máximo (0.198107) durante la segunda etapa de post-crisis, en concreto el día 22 de mayo de 2015; mientras que el valor mínimo, como es de esperar a la luz de la Gráfica 7.16, se da durante el segundo sub-período de pre-crisis, exactamente el día 9 de enero de 2007.

La mayor volatilidad, reflejada por el valor más elevado de la desviación típica del rendimiento, se produce durante el segundo sub-período de post-crisis (confirmando lo observado en el gráfico \*\*).

El coeficiente de asimetría, positivo en la mayor parte de los casos considerados, resulta negativo cuando alcanza su valor más extremo, justo en el segundo sub-período de pre-crisis. Por su parte, la kurtosis es más elevada en este mismo período, si bien presenta signos de leptokurtosis en todos los períodos considerados.

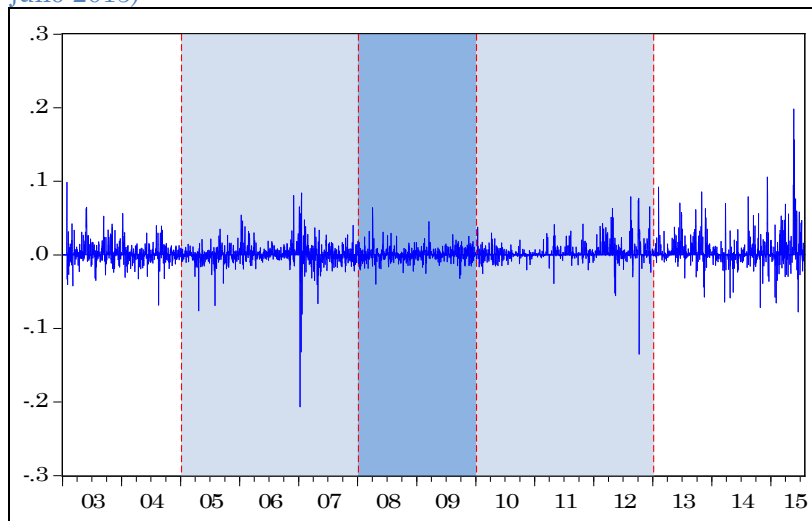
Por último el test de Jarque Bera revela que la distribución que siguen los retornos estudiados no es una normal.

Gráfico 7.15: Evolución del IBVC (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

Gráfico 7.16: Evolución del rendimiento del IBVC (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia

**Tabla 7.8:** Medidas descriptivas, con significación de media y mediana, y normalidad del rendimiento del IBVC (enero 2003-julio 2015)

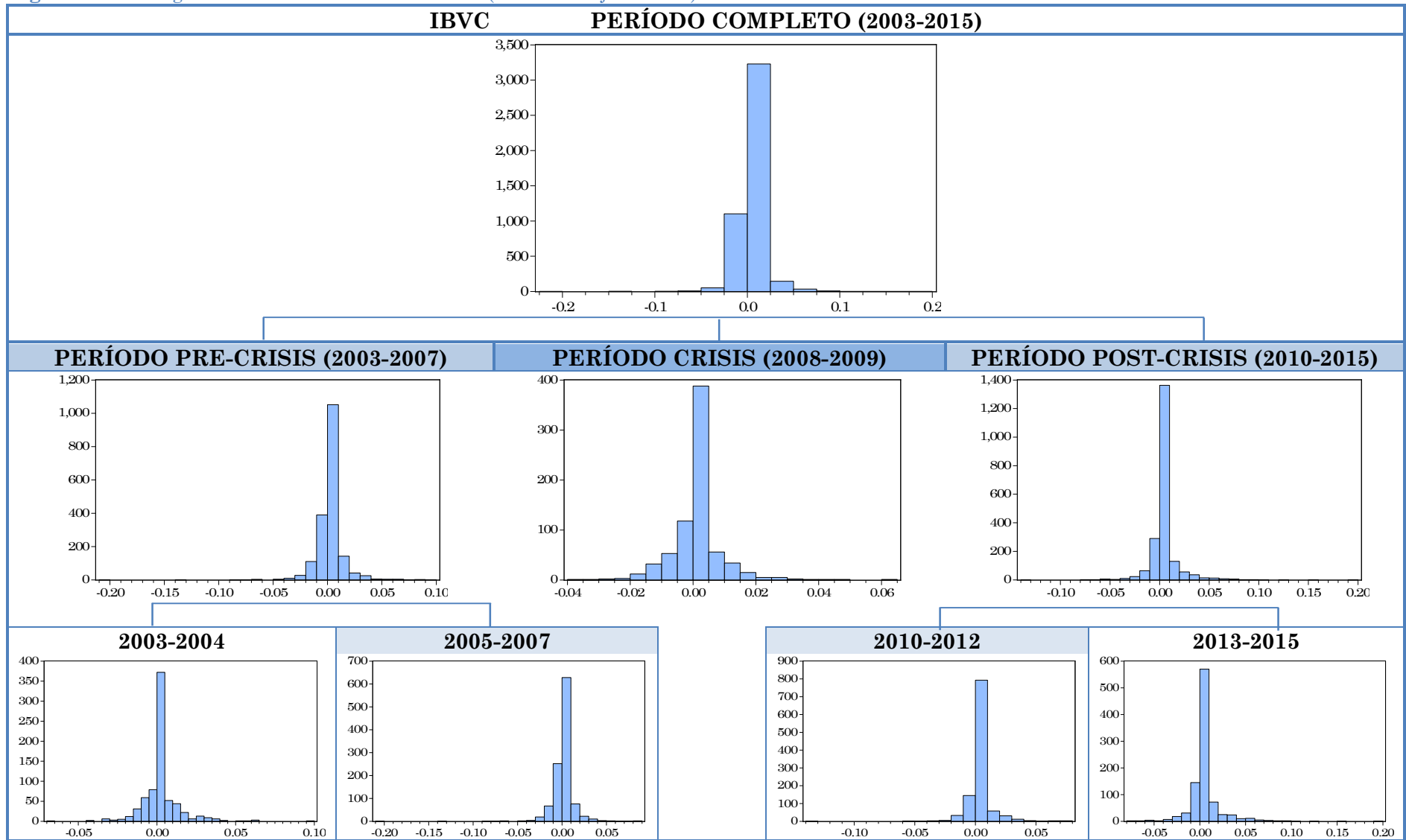
IBVC (Venezuela)	Período Completo 2003/2015	Pre-crisis 2003/2007		Crisis 2008-2009	Post-crisis 2010/2015	
		B 03/04	A 05/07		A 10/12	B 13/15
<b>Media</b>	0.001644 (0.0000*)	0.000851 (0.0058*)		0.000511 (0.0911)	0.002763 (0.0000*)	
		0.001805 (0.0001*)	0.000215 (0.6035)		0.001959 (0.0000*)	0.003701 (0.0000*)
<b>Mediana</b>	0.000000 (0.0000*)	0.000000 (0.0156*)		0.000000 (0.7071)	0.000000 (0.0000*)	
		0.000000 (0.0025*)	0.000000 (0.5258)		0.000000 (0.0000*)	0.000000 (0.0000*)
<b>Máximo</b>	0.198107	0.098479		0.064213	0.198107	
		0.098479	0.083997		0.078806	0.198107
<b>Mínimo</b>	-0.206511	-0.206511		-0.039799	-0.134722	
		-0.068369	-0.206511		-0.134722	-0.077351
<b>Desviación típica</b>	0.013461	0.013151		0.008171	0.015085	
		0.012237	0.013695		0.010918	0.018779
<b>Asimetría</b>	1.031032	-2.031882		1.229576	2.699373	
		0.012237	-3.637374		0.047781	2.924729
<b>Kurtosis</b>	43.59404	50.05528		12.85114	34.98512	
		13.82732	64.22525		37.22724	26.03769
<b>Jarque Bera</b>	316038.3 (0.0000*)	169627.1 (0.0000*)		3140.020 (0.0000*)	89217.29 (0.0000*)	
		3804.166 (0.0000*)	173441.3 (0.0000*)		53499.09 (0.0000*)	22103.73 (0.0000*)

\*Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



Figura 7.8: Histogramas del rendimiento del IBVC (enero 2003-julio 2015)



Fuente: elaboración propia



# Capítulo 8

## Análisis de la hipótesis de eficiencia

---

En este capítulo se analiza el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en los mercados objeto de estudio, para los períodos y sub-períodos establecidos, mediante la aplicación del procedimiento de contraste y la escala de valoración propuestos en este trabajo. En realidad el análisis se realiza desde una doble perspectiva: una más estricta, considerando la eficiencia débil únicamente en la forma que establece el paseo aleatorio 1, y otra más laxa en la que, además, tiene cabida el tipo 3 de paseo aleatorio como forma de eficiencia débil.

### 8.1. Análisis individual de cada mercado

Se presentan a continuación los resultados obtenidos al aplicar algunas de las pruebas empíricas presentadas en el Capítulo 4 de acuerdo con la metodología allí propuesta (Figura 4.1) para estudiar la forma débil de la hipótesis de eficiencia en los diferentes mercados financieros considerados para cada uno de los períodos y sub-períodos

establecidos. Tal y como se indicó en el Capítulo 4, las citadas pruebas identifican el cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en un mercado con el hecho de que la serie de rendimientos asociada al índice elegido en dicho mercado verifique alguna de las formas de la hipótesis de paseo aleatorio (RW1, RW2 y RW3).

Ahora bien, puesto que la contrastación de la hipótesis de paseo aleatorio 2 no se basa en procedimientos estadísticos, en este trabajo solo se analizan los tipos 1 y 3 de paseo aleatorio, cuya contrastación sí se lleva a cabo mediante técnicas estadísticas. Así, por un lado, y según la metodología propuesta en la sección 4.2, se aplican métodos que contrastan directamente la hipótesis de RW1 (test de rachas y test BDS) y, en caso de ser rechazada, mediante el test ratio-varianza se trata de determinar si, al menos, es admisible el paseo aleatorio tipo 3.

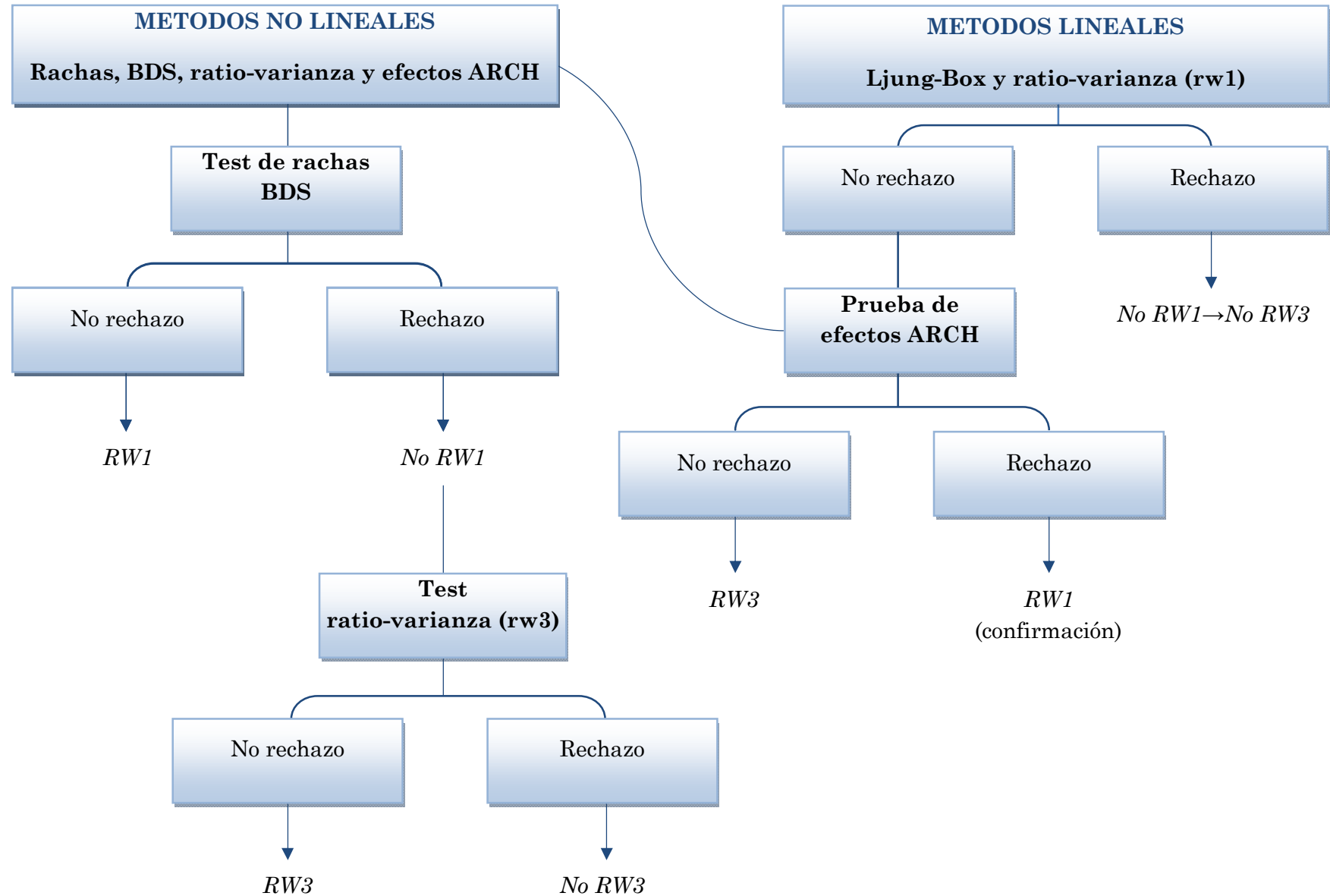
Por otro lado, se aplican métodos lineales (test de Ljung-Box y test ratio-varianza) para contrastar la condición de incorrelación necesaria, pero no suficiente, para cualquier tipo de paseo aleatorio y, si dicha condición no es rechazada, mediante una prueba de efectos ARCH se intenta establecer si en realidad estamos ante un paseo aleatorio tipo 1 o por el contrario se trata del tipo 3 de paseo aleatorio<sup>1</sup>.

El procedimiento descrito queda reflejado de forma esquemática en la figura 8.1.

---

<sup>1</sup> Aunque, ciertamente, cuando en método lineal rechaza la hipótesis de incorrelación no es necesario aplicar un prueba de efectos ARCH, se aplica dicha prueba con el fin de conocer si la serie de rendimientos presenta, además, relaciones no lineales.

Figura 8.1: Esquema del procedimiento propuesto para contrastar la hipótesis de eficiencia débil



Para cada serie de rendimientos se elabora una tabla que recoge las conclusiones a las que conduce la metodología propuesta en cada uno de los períodos y sub-períodos considerados. En dicha tabla se detalla la combinación de decisiones que lleva a la conclusión final sobre la hipótesis de paseo aleatorio, indicándose, en su caso, el tipo de paseo.

Con el objetivo de analizar la forma débil de la eficiencia en su concepción más estricta (desde la perspectiva de los tipos de paseo aleatorio<sup>3</sup>) se aplica la misma metodología con la única finalidad de determinar el cumplimiento o no de la hipótesis de paseo aleatorio 1, es decir, no se contempla la posibilidad del RW3, por lo que, en este caso, el rechazo de RW1 implica ineficiencia. Los resultados de este análisis se recogen en una tabla similar a la descrita en el párrafo anterior para cada índice.

Puesto que el procedimiento propuesto puede llevar a conclusiones distintas según cuál sea el test desde el que se inicie, se propone calcular un grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en cada período y sub-período que resulta de la suma de los valores que se asigna a la conclusión a la que conduce el procedimiento iniciado desde cada uno de los tests. Dichos valores son 0 si se rechaza la hipótesis de eficiencia, 1 si se acepta la eficiencia en la forma que establece el tipo 3 de paseo aleatorio, y 3 si se acepta en la forma más estricta que establece el paseo aleatorio 1 (obviamente, el valor 2 correspondería al RW2). En el caso de que un determinado test no permita tomar una decisión debido a que sus resultados no son concluyentes, se asigna el valor 0,5.

---

<sup>3</sup> Como ya se indicó en el Capítulo 3, la versión 3 del paseo aleatorio es más flexible que los tipos 1 y 2 en cuanto a las condiciones que se requieren para su cumplimiento. En concreto, estas condiciones (incorrelación pero dependencia) contemplan la posibilidad de relaciones no lineales en la serie de rendimientos, en cuyo caso se podrían plantear, por ejemplo, modelos de volatilidad, lo cual puede hacer pensar que el mercado no es eficiente estrictamente hablando.

Con esta escala de 0 a 3, se da más peso al paseo aleatorio 1 en relación al 3 (en concreto tres veces más) pues al suponer el RW1 una forma de eficiencia débil más estricta, consideramos que el mercado que la cumpla tiene mayor grado de eficiencia respecto del que solo verifica el tipo 3. En consecuencia, dado que el procedimiento se inicia desde cuatro tests diferentes, el máximo grado de eficiencia se corresponde con el valor 12 (los cuatro tests conducen a RW1) de manera que a medida que nos aproximemos al valor 0 (caso en el que los cuatro test llevan a rechazar la hipótesis de paseo aleatorio) el grado de eficiencia es cada vez menor.

En este sentido, para cada índice se elabora una tabla que recoge, para cada período y sub-período, el valor asignado a la decisión a la que conduce el procedimiento iniciado desde cada test, así como la suma de dichos valores evaluando el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia (tanto en el análisis en el que se distinguen los tipos 1 y 3 de paseo aleatorio, como en el que sólo se estudia la eficiencia en la forma que establece el RW1). Asimismo, la información que recoge cada una de estas tablas se refleja en sendos gráficos en los que, junto con el índice bursátil en cuestión, se representan los valores del grado de cumplimiento de eficiencia por períodos (sin considerar sub-períodos) y por sub-períodos<sup>4</sup>. La idea es analizar, numérica y visualmente, si la división en sub-períodos incrementa o no el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia.

Para comparar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia (en la forma que establece el RW1 o el RW3) en los distintos mercados objeto de análisis, se elabora una tabla que recoge la puntuación total obtenida por cada mercado, en los diferentes períodos y

---

<sup>4</sup> Las representaciones gráficas de la evolución de la hipótesis de eficiencia por períodos y sub-períodos siempre coincidirán en el punto correspondiente a la crisis, pues ésta no se divide en sub-períodos.

sub-períodos considerados, de acuerdo con la escala que se ha establecido para valorar las conclusiones a las que conduce la aplicación del procedimiento propuesto. Una tabla similar se construye para el caso en el que el procedimiento se aplica únicamente para analizar la forma de eficiencia débil que representa el paseo aleatorio 1. A partir de la información que contiene cada tabla se construyen dos gráficos que permiten comparar visualmente la evolución del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia en los diferentes mercados financieros considerando en uno de los gráficos los sub-períodos y en el otro solo los períodos.

Para construir las tablas y gráficos anteriores es necesario aplicar de forma individual todas las pruebas (lineales y no lineales) implicadas en el procedimiento propuesto para cada serie de rendimientos en todos los períodos y sub-períodos establecidos (al igual que en el análisis preliminar). Los resultados de estas pruebas se recogen en tablas y figuras<sup>5</sup>, cada una de ellas con la estructura y contenido que se detallan a continuación.

Para la aplicación del test de Ljung-Box, que contrasta la nulidad de los  $k$  primeros coeficientes de autocorrelación de la serie en cuestión, se consideraron las 7 primeras autocorrelaciones con la idea de contemplar la posibilidad de correlación semanal. Los resultados se muestran en una tabla en la que aparece el valor del estadístico  $\tilde{Q}(k)$  y su probabilidad límite asociada ( $p$ -valor).

Por su parte, para la aplicación del test ratio-varianza, en sus dos variantes, se toma  $k = 2, 4, 8$  y  $16$  en (4.12) en todos los casos, quedando los resultados recogidos en una tabla que contiene la razón de varianzas, los valores del estadístico normalizado  $Z$  y su  $p$ -valor asociado, así como

---

<sup>5</sup> En el *anexo de tablas y figuras*.



el valor del estadístico y probabilidad límite del contraste global de Chow y Dennig (1993)<sup>6</sup>. Alternativamente, para cada período y sub-período, se incluyen representaciones gráficas que permiten realizar ambas versiones del test mediante el correspondiente intervalo de confianza de nivel 0,95 para cada  $k$  (dicho intervalo se construye alrededor del valor observado del estadístico  $\widehat{VR}(k)$  en base a su error estándar).

En la realización del test de rachas, que contrasta la aleatoriedad de la serie de rendimientos, se toma la media muestral de la serie como valor de referencia para establecer las rachas. Así, para cada índice, los resultados de la aplicación de este test se recogen en una tabla en la que aparecen el valor de referencia, el número de observaciones, el número de rachas, el valor del estadístico del contraste ( $Z$ ) así como el  $p$ -valor asociado.

En lo que respecta al test BDS, para cada serie de rendimientos y sus correspondientes períodos y sub-períodos, el test se lleva a cabo para diferentes valores del parámetro de inmersión  $m$  (2, 3, 4 y 5)<sup>7</sup>, quedando los resultados recogidos para cada índice en una tabla, en la que aparecen el parámetro  $m$ , el estadístico BDS normalizado y su  $p$ -valor.

Por último, en la aplicación de la prueba de efectos ARCH se utilizan modelos ARCH de hasta orden 4, quedando los resultados recogidos en una tabla que muestra el valor del estadístico  $LM$  y su  $p$ -valor. Asimismo, se aplica el test de Ljung-Box para contrastar los

---

<sup>6</sup> Puesto que para no rechazar la hipótesis nula con el test ratio-varianza propuesto por Lo y MacKinlay (1988) es necesario no rechazar dicha hipótesis para todos los valores de  $k$  considerados, cuando los resultados de cada uno de estos tests individuales no lleven a la misma conclusión se utilizará el test global de Chow y Denning (1993) para tomar una decisión.

<sup>7</sup> En experimentos Monte Carlo se ha comprobado que el estadístico BDS presenta buenas propiedades para los parámetros de inmersión  $m$  iguales o menores que 5, sea cual sea el tamaño muestral (Kanzler, 1999).

efectos ARCH a partir de los residuos al cuadrado que resultan al considerar  $f \equiv cte = \mu$  en la expresión (4.13).

En relación con todos los tests que se aplican se rechazará la hipótesis nula correspondiente siempre que el resultado de los mismos sea contundente en ese sentido, es decir, casos en los que la probabilidad límite se encuentre entre los valores habituales del nivel de significación de un contraste se considera que no aportan evidencia suficiente como para rechazar de una forma clara la hipótesis nula en cuestión.

### **8.1.1 Análisis empírico del IBEX**

Los resultados obtenidos de la aplicación del test de Ljung-Box a los rendimientos del IBEX (Tabla B.1) indican ausencia de relaciones lineales en el período de pre-crisis y sus dos sub-períodos, y en el segundo de post-crisis, lo cual implica la eficiencia débil (en la forma que establece el paseo aleatorio tipo 1 o tipo 3 dependiendo de los resultados que arroje la prueba de efectos ARCH) del mercado bursátil español en los citados períodos y sub-períodos. En el resto de casos (período muestral completo, crisis<sup>8</sup>, post-crisis y primer sub-período de post-crisis) se concluye que el mercado no es eficiente, pues el test conduce al rechazo de la hipótesis nula, es decir, se admite la posibilidad de relaciones lineales en los rendimientos que permitirían realizar predicciones de los mismos.

Por su parte, los resultados de la versión del test ratio-varianza que contrasta la condición de incorrelación necesaria en cualquiera de las formas de la hipótesis de paseo aleatorio (Tabla B.2) ponen de manifiesto que en todos los períodos y sub-períodos se acepta que los rendimientos

---

<sup>8</sup> Nótese que, aunque en el período muestral completo y en el período de crisis el test de Ljung-Box conduce al no rechazo de la hipótesis nula para los primeros valores de  $k$ , hay que entender el test de una manera global y concluir, a la vista de los resultados para valores más elevados de  $k$ , que dicho test lleva al rechazo de la hipótesis de ausencia de relaciones lineales en los rendimientos en ambos períodos.

del IBEX son incorrelados y, con ello, la eficiencia débil del mercado español (bien en la forma del RW1 o en la del RW3). En principio, para los valores 2 y 4 del parámetro  $k$ , el test conduce al rechazo de la hipótesis nula al 5% en el período de pre-crisis y el primer sub-período en el que éste se subdivide (para  $k = 8$  y 16 la hipótesis no se rechaza). No obstante, los resultados del test global (de Chow y Denning) nos hacen concluir que lo más plausible en ambos casos es admitir el cumplimiento de la hipótesis de incorrelación. A la misma conclusión nos lleva el test global en relación con la duda que genera para el período muestral completo el rechazo de la hipótesis de ausencia de relación lineal únicamente para  $k = 16$ .

La aleatoriedad de los datos se analiza también a través de los resultados que arroja el test de rachas (Tabla B.3), los cuales ponen de manifiesto el rechazo de la hipótesis de aleatoriedad tanto en todo el período muestral considerado, como en los períodos de crisis y post-crisis y en los dos sub-períodos que componen este último. En cambio, la aleatoriedad de los rendimientos del IBEX resulta aceptada para el período de pre-crisis y los sub-períodos que la componen y, tal como se comenta en la sección 4.1.1.b), este hecho implica que los mismos siguen un paseo aleatorio tipo 1, lo cual supone la eficiencia del citado mercado en dichos períodos y sub-períodos.

Por su parte, los resultados obtenidos al aplicar el test BDS a los rendimientos del IBEX (Tabla B.4) muestran un claro rechazo de la hipótesis de eficiencia según RW1 (aunque no se puede descartar el RW3) en el período muestral completo así como en el período de pre-crisis y en el primero de los dos sub-períodos en el que éste se divide. Por el contrario, la citada hipótesis se acepta para los períodos de crisis así como los sub-períodos en los que se divide la post-crisis, de tal forma que en ellos se acepta la eficiencia financiera del mercado español. En el resto

de casos (post-crisis y segundo sub-período de pre-crisis) los resultados no son concluyentes, pues dependiendo de cuál sea el valor del parámetro de inmersión la conclusión a la que conduce el test BDS es diferente.

La aplicación de la versión del test ratio-varianza que incorpora la posible heterocedasticidad de los rendimientos, cuyos resultados quedan plasmados en la Tabla B.5, lleva sin ningún género de dudas a la aceptación de la aleatoriedad de los rendimientos bajo la forma de paseo aleatorio tipo 3 en todos y cada uno de los períodos y sub-períodos considerados.

La Tabla B.6 pone de manifiesto, a través de los resultados obtenidos mediante el test de efectos ARCH, que existen relaciones no lineales en los rendimientos que proporciona el IBEX en todos los períodos y sub-períodos considerados excepto en el segundo sub-período de post-crisis para el que los resultados del test no arrojan evidencias suficientes para el rechazo de la hipótesis nula del test. Por tanto, salvo para el segundo sub-período de post-crisis, se concluye que el rendimiento del IBEX presenta efectos ARCH, lo cual implica su dependencia.

Los resultados del test de Ljung-Box aplicado con la finalidad de analizar los efectos ARCH (Tabla B.7) corroboran lo anterior, es decir, se admite la existencia de relaciones no lineales en todos los casos excepto en el segundo sub-período de post-crisis.

### *Resultados del procedimiento propuesto para analizar la hipótesis eficiencia débil*

Los resultados de aplicar la metodología propuesta en este trabajo para determinar si la serie de rendimientos del IBEX se ajusta a un paseo aleatorio o no, y en su caso, si éste es tipo 1 ó 3, en cada período y sub-período, se recogen en la Tabla 8.1.

En relación con el período completo sólo se admite la eficiencia en la forma que establece el RW3 cuando el procedimiento comienza desde los tests ratio-varianza y BDS.

En cambio, la estrategia permite concluir la eficiencia del mercado español en el período de pre-crisis y los sub-períodos en los que éste se divide en la forma de RW3, ó RW1 si dicha estrategia se inicia desde el test de rachas.

En el período de crisis se acepta la eficiencia excepto cuando el proceso se inicia desde el test de Ljung-Box. Dicha eficiencia se corresponde con la que determina el paseo aleatorio 3, salvo si se parte del test BDS, el cual conduce a la eficiencia del mercado en su sentido más estricto.

Durante las post-crisis la eficiencia del mercado español es aceptada cuando se inicia el procedimiento desde cualquiera de los métodos, excepto en el caso del test de Ljung-Box que lleva a concluir ineficiencia en dicho período y en su primer sub-período. Para el resto de casos, la eficiencia débil se acepta en la forma que establece el paseo aleatorio 3, salvo en el segundo sub-período de post-crisis si se parte del test ratio-varianza y en los dos sub-períodos que lo componen si se trata del test BDS, casos todos ellos en los que se acepta el tipo 1 de paseo aleatorio.

Por último, con la aplicación del procedimiento para constatar la eficiencia débil de manera estricta (Tabla 8.2), se confirman los casos en los que anteriormente se detectó paseo aleatorio 1, pasando a ser no eficientes aquellos períodos y sub-períodos en los que la eficiencia se aceptó en la forma que establece el RW3 (en el caso del segundo sub-período de pre-crisis y en la post-crisis los resultados no son concluyentes).

*Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia*

Las puntuaciones que intentan evaluar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (en la forma que representan el paseo aleatorio 1 ó 3) en el mercado financiero español quedan recogidas en la Tabla 8.3. Asimismo el Gráfico 8.1 muestra la evolución de dichas puntuaciones junto con la del IBEX. En primer lugar, destaca el hecho de que el grado de eficiencia es mayor a medida que el período completo se divide en períodos y sub-períodos. En efecto, se pasa de un grado 2 en todo el período muestral considerado a grado 6, 5 y 3 en los períodos de pre-crisis, crisis y post-crisis, respectivamente. Se observa pues, que el mayor grado de eficiencia tiene lugar en la pre-crisis, disminuyendo ligeramente con la crisis y más aún en la post-crisis. La división del período de pre-crisis en sub-períodos no altera el grado de eficiencia de dicho período (valor 6). En cambio, el grado de eficiencia de la post-crisis se incrementa notablemente al considerar en ella dos sub-períodos, detectándose mayor grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia (con un valor de 10) en el segundo sub-período<sup>9</sup>, que coincide, como puede observarse en el Gráfico 8.1, con la recuperación del IBEX.

Cuando el análisis se limita a comprobar la eficiencia débil únicamente en la forma que establece el paseo aleatorio tipo 1 (Tabla 8.2), el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia en cada caso es, evidentemente, igual o inferior al que resulta en el análisis anterior (ahora los casos de RW3 se consideran de ineficiencia). No obstante, los resultados confirman los del análisis precedente en el sentido de que al dividir en tres períodos el período completo, el cual, en este caso, resulta indiscutiblemente ineficiente (valor 0), se produce un cierto grado de eficiencia (valor 3) en pre-crisis y crisis. Asimismo, la partición en sub-

---

<sup>9</sup> En el Gráfico 8.1 se puede observar que en la post-crisis la curva de la evolución del grado de eficiencia por sub-períodos está claramente por encima de la curva que solo considera períodos.

períodos de la pre-crisis mantiene el grado de eficiencia de ésta (en torno a 3), mientras que la ineficiencia que se detecta en post-crisis se convierte en cierto grado de eficiencia cuando dicho período se divide en dos: grado 3 en el primer sub-período y hasta grado 9 en el segundo (en el gráfico se observa como en la post-crisis la curva que representa la evolución del grado de eficiencia por sub-períodos está muy por encima de la que considera sólo los períodos).

**Tabla 8.1:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado español: RW1 ó RW3 frente a no RW

<b>IBEX</b> (España)		<b>Ljung-Box</b> + <b>(efectos ARCH)</b>		<b>Ratio-Varianza (rw1)</b> + <b>(efectos ARCH)</b>		<b>Rachas</b> + <b>(ratio-varianza(rw3))</b>		<b>BDS</b> + <b>(ratio-varianza(rw3))</b>	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>No RW</b>		No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	1 03/04	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
	2 05/07		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		No concluyente + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		IID ↓ <b>RW1</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	1 10/12	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No concluyente + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	IID ↓ <b>RW1</b>
	2 13/15		Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>		Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		IID ↓ <b>RW1</b>

Fuente: elaboración propia



**Tabla 8.2:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado español: RW1 frente a no RW

IBEX (España)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (rw1) + (efectos ARCH)		Rachas		BDS	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	1 03/04	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>
	2 05/07		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		No concluyente
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		IID ↓ <b>RW1</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	1 10/12	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No concluyente	IID ↓ <b>RW1</b>
	2 13/15		Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>		Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		IID ↓ <b>RW1</b>

Fuente: elaboración propia

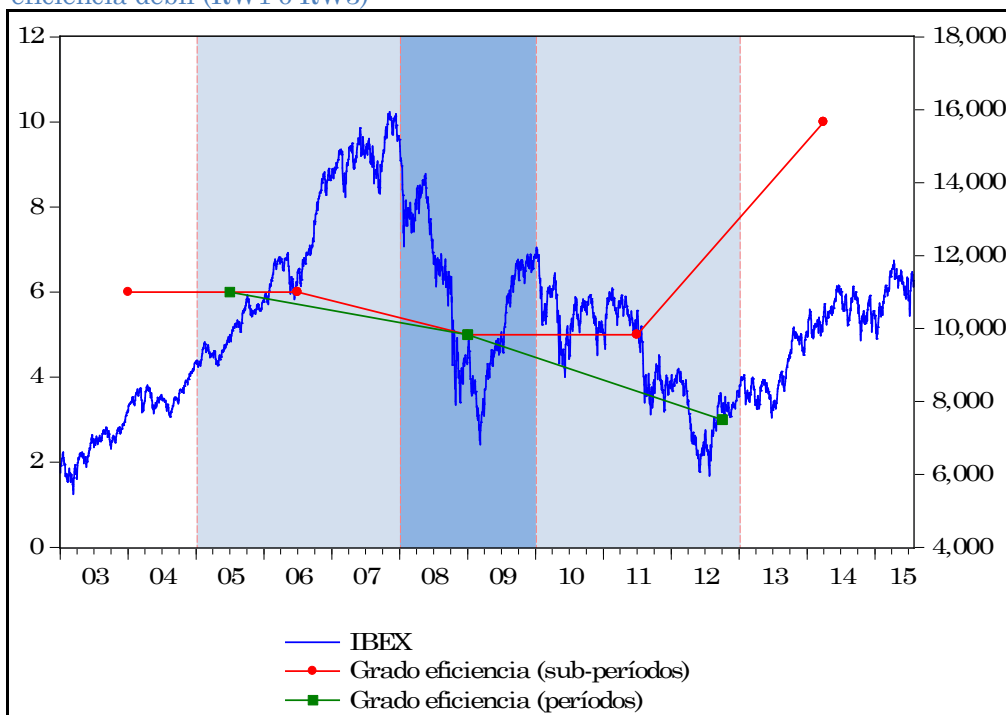
**Tabla 8.3:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en el mercado español

IBEX (España)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	1		0	0	
		1	1		0	3
R-V + (ARCH)	1	1		1	1	
		1	1		1	3
Rachas + (R-V(rw3))	0	3		1	1	
		3	3		1	1
BDS + (R-V (rw3))	1	1		3	1	
		1	1		3	3
TOTAL*	2	6		5	3	
		6	6		5	10

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)  
 Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a eficiencia en su forma más estricta (RW1) desde las cuatro pruebas)

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 8.1:** Evolución del IBEX y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3)



Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.4:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en el mercado español

IBEX (España)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
<b>LB +</b> <b>(ARCH)</b>	0	0		0	0	
		0	0		0	3
<b>R-V +</b> <b>(ARCH)</b>	0	0		0	0	
		0	0		0	3
<b>Rachas</b>	0	3		0	0	
		3	3		0	0
<b>Test BDS</b>	0	0		3	0.5	
		0	0.5		3	3
<b>TOTAL*</b>	<b>0</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	<b>0.5</b>	
		<b>3</b>	<b>3.5</b>		<b>3</b>	<b>9</b>

\* Valor mínimo = 0 (las cuatro pruebas conducen a ineficiencia)

Valor máximo = 12 (las cuatro pruebas conducen a RW1)

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 8.2:** Evolución del IBEX y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1)



Fuente: elaboración propia

### **8.1.2. Análisis empírico del IPSA**

Los resultados obtenidos de la aplicación del test de Ljung-Box a los rendimientos del IPSA (Tabla B.8) ponen de manifiesto el rechazo de la hipótesis de incorrelación para cada uno de los períodos y sub-períodos establecidos. En consecuencia, de acuerdo con esta prueba, no se puede aceptar la eficiencia débil del mercado mexicano pues, al existir relaciones lineales entre los rendimientos, no es posible ninguna de las formas de paseo aleatorio y, por tanto, se pueden realizar modelos de predicción que permitan batir al mercado.

Al igual que en la prueba anterior, los resultados obtenidos con el test ratio-varianza en la versión que contrasta la existencia de relaciones lineales (Tabla B.9) llevan a las mismas conclusiones en cada uno de los períodos y sub-períodos considerados, en el sentido de que para todos los casos se rechaza la hipótesis nula del contraste, lo cual implica que la serie de rendimientos del IPSA es correlada. Se considera conveniente mencionar que, como para el período de post-crisis y los sub-períodos segundo de pre-crisis y primero de post-crisis el test conduce a la aceptación o al rechazo de la hipótesis nula dependiendo de valor del parámetro  $k$ , los resultados del test global de Chow y Denning permiten inclinar la decisión hacia el rechazo de la hipótesis de incorrelación en los tres casos.

Por su parte, los resultados del test de rachas sobre los rendimientos del IPSA (Tabla B.10) son claros en el sentido de rechazar la hipótesis de paseo aleatorio tipo 1 en todos los períodos y sub-períodos considerados. Este hecho pone de manifiesto ineficiencia del mercado chileno en la forma que establece el citado tipo de paseo aleatorio, si bien es necesario aplicar el test ratio-varianza para determinar si es admisible al menos el paseo aleatorio 3. En cualquiera de los casos, la existencia de

cierta estructura en la serie de rendimientos permitiría llevar a cabo modelos de predicción, bien cuando la serie no sea paseo aleatorio (implicando ello ineficiencia en el sentido más estricto de la palabra), o cuando lo sea tipo 3, en cuyo caso se podría modelizar la volatilidad de los rendimientos (aceptando entonces la eficiencia del mercado en la forma más relajada existente).

En general, los resultados obtenidos de la aplicación del test BDS (Tabla B.11) conducen al rechazo de la hipótesis de paseo aleatorio 1, lo cual supone contemplar la posibilidad de existencia de relaciones de tipo no lineal en los rendimientos (que no serán descartadas hasta analizar el RW3), en base a las cuales se podrían especificar modelos de predicción de la volatilidad. En el caso particular del segundo sub-período de post-crisis los resultados no son concluyentes<sup>9</sup>.

Por su parte, los resultados que proporciona la aplicación del test ratio-varianza para el análisis de la hipótesis RW3 (Tabla A.12) permiten aceptar que los rendimientos del IPSA siguen un paseo aleatorio 3 para el período de crisis y los sub-períodos inmediatamente anterior y posterior a éste (pre-crisis segunda y post-crisis primera), hecho compatible con la hipótesis de eficiencia de mercado. Sin embargo, la hipótesis RW3 resulta claramente rechazada en el período muestral completo, en el de pre-crisis y en el primer sub-período de ésta. Finalmente, cabe destacar que, aunque los resultados de los tests individuales no son concluyentes para el período de post-crisis y el segundo sub-período en el que ésta se divide (conclusiones contradictorias según sea el valor del parámetro  $k$ ), la realización del test global

---

<sup>9</sup> Nótese que para el valor del parámetro de inmersión  $m=2$  se rechazaría la hipótesis de RW1 para cualquier nivel de significación de los considerados de manera habitual, mientras que para el resto de valores no se produce el rechazo de la hipótesis citada.

resuelve la duda a favor del rechazo de la hipótesis de paseo aleatorio 3 en ambos casos.

Por último, de la aplicación de la prueba de efectos ARCH (Tabla B.13) se deduce la existencia de los mismos para todos los períodos y sub-períodos considerados, de manera que los rendimientos del IPSA muestran relaciones no lineales.

Estos últimos resultados acerca de la existencia de efectos ARCH son ratificados también por el test de Ljung-Box (Tabla B.14), el cual lleva a concluir que, tanto para el período muestral completo como para los períodos y sub-períodos establecidos, los rendimientos del IPSA presentan relaciones de tipo no lineal.

#### *Resultados del procedimiento propuesto para analizar la hipótesis de eficiencia débil*

La consideración de los resultados de cada una de las pruebas anteriores de acuerdo con el procedimiento propuesto (Figura 8.1) permite concluir, para cada período y sub-período, si se rechaza o no la hipótesis de paseo aleatorio quedando especificado, en este último caso, el tipo de paseo, 1 ó 3 (Tabla 8.5).

Así, los resultados del procedimiento desde métodos lineales ponen de manifiesto la ineficiencia del mercado en todos los períodos y sub-períodos considerados ya que las conclusiones conducen al rechazo del paseo aleatorio en cualquiera de sus formas.

Por su parte, la aplicación de la estrategia desde los métodos no lineales considerados parece confirmar dicha ineficiencia en el período de pre-crisis y su primer sub-período así como en la post-crisis y su segundo sub-período que forma la misma. En el resto de casos (períodos completo y de crisis y sub-períodos segundo de pre-crisis y primero de post-crisis)

el procedimiento iniciado con los dos métodos no lineales lleva a admitir la eficiencia del mercado en su forma menos estricta, pues con ellos se admite la hipótesis de paseo aleatorio tipo 3.

Finalmente, la aplicación de la metodología propuesta con el objetivo de analizar la hipótesis de eficiencia débil en su forma más estricta, esto es, considerando que el mercado es eficiente únicamente si la serie de rendimientos del IPSA cumple las condiciones de paseo aleatorio 1, pone de manifiesto (Tabla 8.6) la ineficiencia del mercado chileno. En efecto, con independencia del test desde el cual se inicia el procedimiento, se rechaza la hipótesis de RW1 en todos los períodos y sub-períodos considerados (si bien, en el segundo sub-período de post-crisis el procedimiento desde el test BDS no resulta concluyente).

#### *Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia*

En la Tabla 8.7, donde se recogen las puntuaciones para evaluar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia (en la forma de RW1 o RW3) en el mercado chileno, queda reflejado que dicho grado es nulo o próximo a cero en todos los casos valor. Concretamente, el período completo presenta un leve grado de eficiencia (valor 2) que, cuando se divide en pre-crisis, crisis y post-crisis, únicamente se mantiene durante la crisis. De igual forma, la división en sub-períodos de la pre-crisis y la post-crisis sólo muestra cierto grado de eficiencia (valor 2 nuevamente) en el segundo y primer sub-período respectivamente (en el Gráfico 8.3 se observa, que para dichos sub-períodos la curva de evolución del grado de eficiencia por sub-períodos está por encima de la que solo considera períodos). Con ello se puede decir que el escaso grado de eficiencia se concentra en el período de crisis y los sub-períodos inmediatamente anterior y posterior a la misma.

Por su parte, si el análisis se limita a comprobar solamente el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en su sentido estricto (Tabla 8.8), se pone de manifiesto que el mercado chileno resulta ineficiente con independencia de que se establezcan períodos y subperíodos en el completo. Tan solo en el segundo período de post-crisis se observa un valor ligeramente superior a 0 (concretamente 0,5) que proviene del resultado no concluyente de uno de los tests realizados.



**Tabla 8.5:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado chileno: RW1 ó RW3 frente a no RW

IPSA (Chile)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (RW1) + (efectos ARCH)		Rachas + (ratio-varianza(rw3))		BDS + (ratio-varianza(rw3))	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	No aleatoriedad + Correlación ↓ <b>No RW</b>	No aleatoriedad + Correlación ↓ <b>No RW</b>	No IID + Correlación ↓ <b>No RW</b>	No IID + Correlación ↓ <b>No RW</b>
	<b>2</b> 05/07		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	No aleatoriedad + Correlación ↓ <b>No RW</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + Correlación ↓ <b>No RW</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
	<b>2</b> 13/15		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Correlación ↓ <b>No RW</b>		No concluyente + Correlación ↓ <b>No RW</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.6:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado chileno: RW1 frente a no RW

IPSA (Chile)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (RW1) + (efectos ARCH)		Rachas		BDS	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación Correlación ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>
	<b>2</b> 05/07		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>
	<b>2</b> 13/15		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>

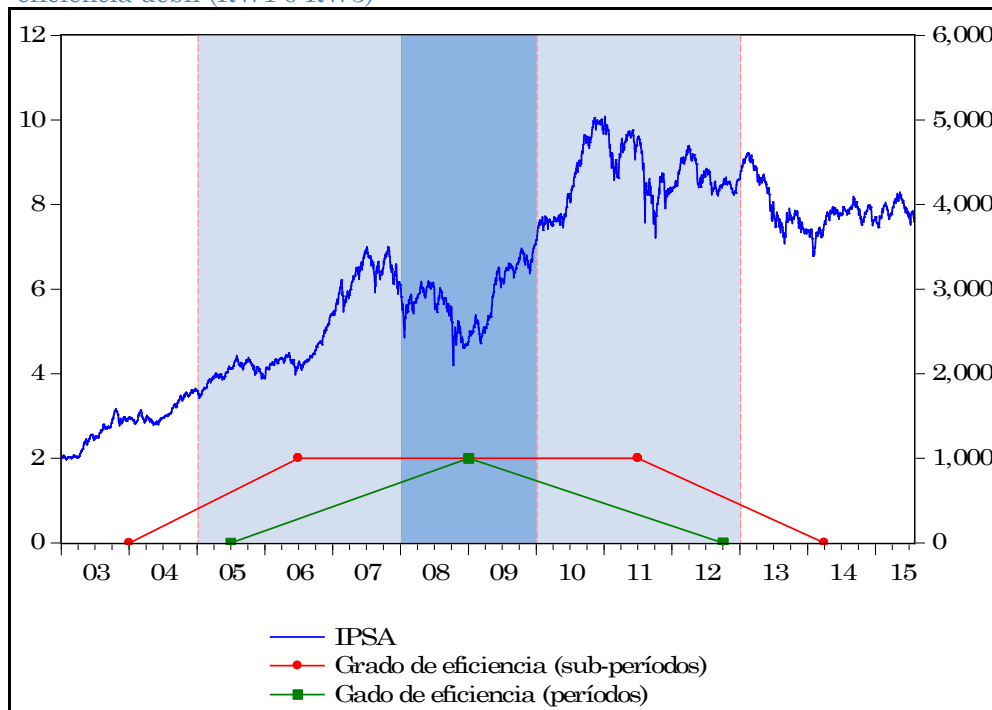
Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.7:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en el mercado chileno

IPSA (Chile)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
<b>LB + (ARCH)</b>	0	0		0	0	
		0	0		0	0
<b>R-V + (ARCH)</b>	0	0		0	0	
		0	0		0	0
<b>Rachas + (R-V(rw3))</b>	1	0		1	0	
		0	1		1	0
<b>BDS + (R-V)</b>	1	0		1	0	
		0	1		1	0
<b>TOTAL*</b>	<b>2</b>	<b>0</b>		<b>2</b>	<b>0</b>	
		<b>0</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>0</b>

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)  
 Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a eficiencia en su forma más estricta (RW1) desde las cuatro pruebas)  
**Fuente:** elaboración propia

**Gráfico 8.3:** Evolución del IPSA y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3)



**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 8.8:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en el mercado chileno

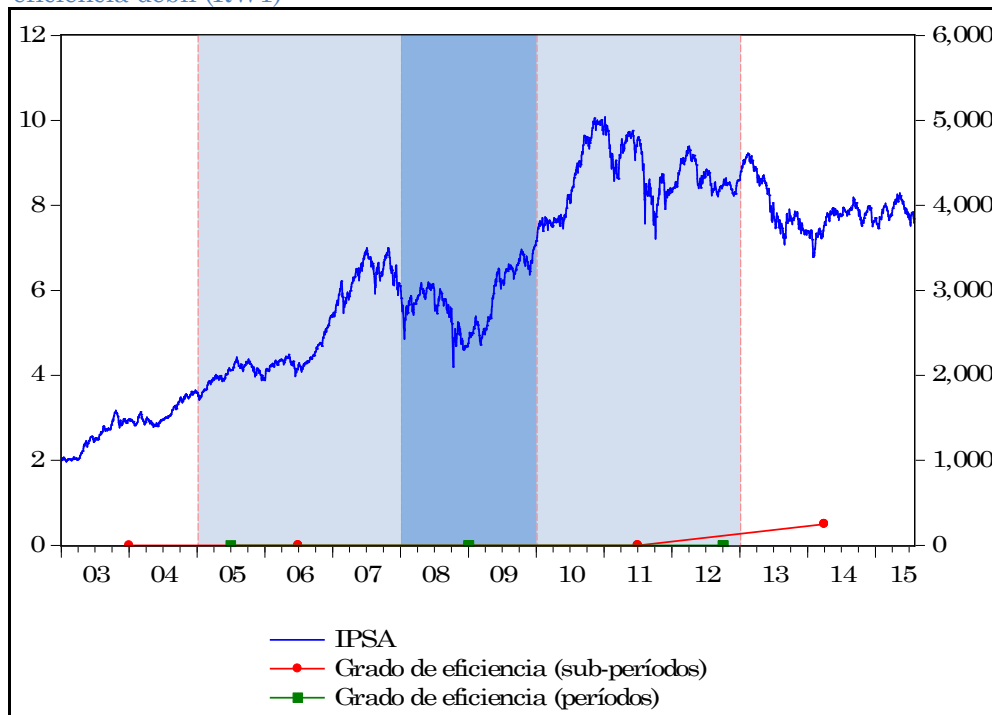
IPSA (Chile)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
<b>LB + (ARCH)</b>	0	0		0	0	
		0	0		0	0
<b>R-V + (ARCH)</b>	0	0		0	0	
		0	0		0	0
<b>Rachas</b>	0	0		0	0	
		0	0		0	0
<b>Test BDS</b>	0	0		0	0	
		0	0		0	0.5
<b>TOTAL*</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	
		<b>0</b>	<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0.5</b>

\* Valor mínimo = 0 (las cuatro pruebas conducen a ineficiencia)

Valor máximo = 12 (las cuatro pruebas conducen a RW1)

**Fuente:** elaboración propia

**Gráfico 8.4:** Evolución del IPSA y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1)



**Fuente:** elaboración propia

### **8.1.3. Análisis empírico del MEXBOL**

Mediante la aplicación del test de Ljung-Box a los rendimientos del índice MEXBOL (Tabla B.15) se concluye que los mismos son incorrelados en los dos sub-períodos de pre-crisis y el segundo de post-crisis, por lo que se admite la eficiencia del mercado en estos sub-períodos (al menos en la forma que establece el RW3). En cambio, se detectan relaciones lineales para los períodos completo, de crisis y post-crisis, de manera que en ellos no se contempla la posibilidad de ninguna forma de paseo aleatorio siendo posible llevar a cabo estrategias exitosas de inversión basadas en modelos de predicción de los rendimientos en cuestión. En el resto de casos (pre-crisis y primer sub-período de post-crisis), aunque para algún valor de  $k$  habría rechazo al 5% no se considera evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de no correlación.

Por su parte, los resultados obtenidos al aplicar el test ratio-varianza a los rendimientos del MEXBOL (Tabla B.16) son casi unánimes con la aceptación de la hipótesis de incorrelación, salvo por el caso del período muestral completo. En concreto, mientras dicha hipótesis es claramente aceptada para los períodos de pre-crisis y post-crisis así como para los sub-períodos en los que éstos se dividen, su aceptación en el período de crisis pasa por recurrir al test global de Chow y Denning para resolver la duda que generan las conclusiones contrapuestas a las que conduce el test individual según cuál sea el valor del parámetro  $k$ . Por tanto, de acuerdo con esta prueba la serie de rendimientos del índice MEXBOL es incorrelada en todos los casos (excepto en el período muestral completo), es decir, se aceptaría la eficiencia del mercado, al menos, en la forma que establece el RW3.

Los resultados que arroja el test de rachas (Tabla.17) revelan que tan sólo para el segundo sub-período de post-crisis se acepta la aleatoriedad de los rendimientos del índice MEXBOL. Por tanto, en el resto de casos se admite que la serie de rendimientos no es aleatoria, lo cual implica la ineficiencia del mercado según esta prueba.

Los resultados proporcionados por el test BDS (Tabla B.18) se muestran claros en el rechazo de la hipótesis de paseo aleatorio 1 para los períodos muestral completo, pre-crisis y post-crisis. Sin embargo, para los sub-períodos primero de pre-crisis y segundo de post-crisis se acepta que los rendimientos del MEXBOL son independientes e idénticamente distribuidos, características compatibles con un mercado eficiente. Por otro lado, los resultados para el caso del período de crisis y los sub-períodos inmediatamente anterior y posterior a éste (pre-crisis segunda y post-crisis primera) no son concluyentes al diferir la conclusión que se obtiene cuando se consideran diferentes valores del parámetro de inmersión.

En relación con las pruebas que tienen en cuenta la posible heterocedasticidad de los rendimientos, los resultados del test ratio-varianza (Tabla B.19) son contundentes en la aceptación de la hipótesis de paseo aleatorio 3 cuando se divide el período muestral en períodos y sub-períodos, mientras que al considerarlo en su conjunto es necesario recurrir al test global para aceptar dicha hipótesis<sup>10</sup>, pues según el valor de  $k$  los test individuales conducen a decisiones diferentes.

Por su parte, la aplicación de la prueba de efectos ARCH muestra resultados (Tabla B.20) que permiten afirmar, sin excepciones, que la serie de rendimientos del MEXBOL presenta relaciones no lineales.

---

<sup>10</sup> En este caso, la hipótesis nula se rechaza al 5% ( $p$ -valor=0,0183) pero no al 1%, por lo que en la línea de lo establecido al final de la introducción de la sección 8.1, se considera que no existen evidencias suficientes para rechazar la hipótesis.

Por último, la aplicación del test de Ljung-Box para analizar efectos ARCH (Tabla B.21) coincide con los resultados de la prueba anterior, concluyendo de forma unánime que el rendimiento del MEXBOL muestra efectos ARCH.

*Resultados del procedimiento propuesto para analizar la hipótesis de eficiencia débil*

Las conclusiones finales a cerca de la eficiencia del mercado mexicano obtenidas mediante la aplicación de la metodología que se plantea (Tabla 8.9) difieren según se parte en ésta de los métodos lineales o no lineales. Así, para el período completo se rechaza la eficiencia débil si se comienza el proceso de análisis por los métodos lineales, mientras que si esto se hace desde los no lineales, se acepta la eficiencia débil que determina el paseo aleatorio 3.

Este último tipo de eficiencia (RW3) también resulta probada en el período de pre-crisis y los sub-períodos que la componen, con independencia del método desde el cual arranque el análisis, salvo para el primer período de pre-crisis cuando se parte del test BDS, en cuyo caso se acepta el paseo aleatorio 1.

Para el período de crisis, sin embargo, el paseo aleatorio 3 resulta rechazado si la aplicación de la metodología parte del test Ljung-Box, pues al admitir éste la correlación de la serie de rendimientos no permite aceptar ni tan siquiera la eficiencia que supone el RW3, que sí es aceptada por el resto de métodos.

En el análisis de la post-crisis y los sub-períodos que la componen, todos los métodos admiten la eficiencia en alguna de las formas de paseo aleatorio, salvo en la post-crisis si el análisis parte del test de Ljung-Box. La citada eficiencia se corresponde con que establece el paseo aleatorio 3,

salvo en el segundo sub-período de post-crisis, en el que el procedimiento desde métodos no lineales conducen al paseo aleatorio 1 que representa, como es sabido, la forma más estricta de eficiencia débil.

Para terminar, los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología para analizar la forma estricta de eficiencia débil (Tabla 8.10) corroboran los casos en los que anteriormente se detectó paseo aleatorio tipo 1 (segundo sub-período de post-crisis cuando el procedimiento se inicia desde los métodos no lineales y primer sub-período de pre-crisis cuando se parte del test BDS). Por su parte, al restringir las condiciones para considerar eficiencia en el mercado, los períodos y sub-períodos en los que se había aceptado el RW3, pasan a ser no eficientes, a excepción del período de crisis y los sub-períodos inmediatamente anterior y posterior a ésta en los que, si se parte del test BDS, no es posible tomar ninguna decisión.

#### *Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia*

El grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia (en la forma del paseo aleatorio 1 ó 3) en el mercado mexicano, evaluado a través de las puntuaciones que recoge la tabla 8.11, va en aumento a medida que se consideran divisiones en períodos más cortos. Así, al dividir el período completo en pre-crisis, crisis y post-crisis, el grado de eficiencia se incrementa ligeramente desde un valor 2, a 4, 3 y 3, respectivamente, por lo que se puede afirmar que la eficiencia es algo mayor respecto de la que se da en la crisis y que se mantiene en la post-crisis. Por otro lado, al dividir pre-crisis y post-crisis se obtienen mayores grados de cumplimiento de hipótesis de eficiencia, tanto si se comparan con el grado que muestra el período completo, como si se hace con los valores obtenidos para los tres períodos. En concreto, en los primeros sub-períodos de pre-crisis y post-crisis, el grado de cumplimiento se



incrementa hasta 6 y 4, respectivamente, siendo más destacado el aumento que se produce en el segundo sub-períodos de post-crisis, pues se alcanza un grado 8.

El Gráfico 8.5 pone de manifiesto, de forma visual, lo comentado anteriormente. Por un lado, se observa la ligera disminución del grado de eficiencia que conlleva la crisis y que se mantiene tras la misma; y por otro, el mayor grado de eficiencia que se produce cuando se consideran sub-períodos en pre-crisis y post-crisis (curva de evolución del grado de eficiencia por sub-períodos por encima de la que sólo recoge la evolución por períodos), destacando el segundo sub-período de post-crisis por presentar el valor más elevado del grado de cumplimiento (distancia mayor entre las curvas de evolución).

Analizando el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en el mercado mexicano únicamente en la forma que exige el paseo aleatorio tipo 1 (Tabla 8.12), se observa que el período completo presenta una ineficiencia clara al igual que los tres períodos en los que se divide. Por su parte, la división en sub-períodos de pre-crisis y post-crisis pone de manifiesto cierto grado de cumplimiento en los sub-períodos primero y segundo, respectivamente (valores 3 y 6), circunstancia que queda patente en el Gráfico 8.6, en el que se observa una mayor distancia entre las curvas de evolución en los citados sub-períodos (la curva por sub-períodos por encima de la curva por períodos).

**Tabla 8.9:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado mexicano: RW1 ó RW3 frente a no RW

<b>MEXBOL</b> (México)		<b>Ljung-Box</b> + <b>(efectos ARCH)</b>		<b>Ratio-Varianza (RW1)</b> + <b>(efectos ARCH)</b>		<b>Rachas</b> + <b>(ratio-varianza(rw3))</b>		<b>BDS</b> + <b>(ratio-varianza (rw3))</b>	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	IID ↓ <b>RW1</b>
	<b>2</b> 05/07		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No concluyente + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No concluyente + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
	<b>2</b> 13/15		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		IID ↓ <b>RW1</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.10:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado mexicano: RW1 frente a no RW

MEXBOL (México)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (RW1) + (efectos ARCH)		Rachas		BDS	
Período completo 2003-2015		Correlación ↓ No RW1		Correlación ↓ No RW1		No aleatoriedad ↓ No RW1		No IID ↓ No RW1	
Período pre-crisis 2003/2007	1 03/04	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	No aleatoriedad ↓ No RW1	No aleatoriedad ↓ No RW1	No IID ↓ No RW1	IID ↓ RW1
	2 05/07		Incorrelación + ARCH ↓ No RW1		Incorrelación + ARCH ↓ No RW1		No aleatoriedad ↓ No RW1		No aleatoriedad ↓ No RW1
Crisis 2008/2009		Correlación ↓ No RW1		Incorrelación + ARCH ↓ No RW1		No aleatoriedad ↓ No RW1		No concluyente	
Período post-crisis 2010/2015	1 10/12	Correlación ↓ No RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	No aleatoriedad ↓ No RW1	No aleatoriedad ↓ No RW1	No IID ↓ No RW1	No concluyente
	2 13/15		Incorrelación + ARCH ↓ No RW1		Incorrelación + ARCH ↓ No RW1		Aleatoriedad ↓ RW1		IID ↓ RW1

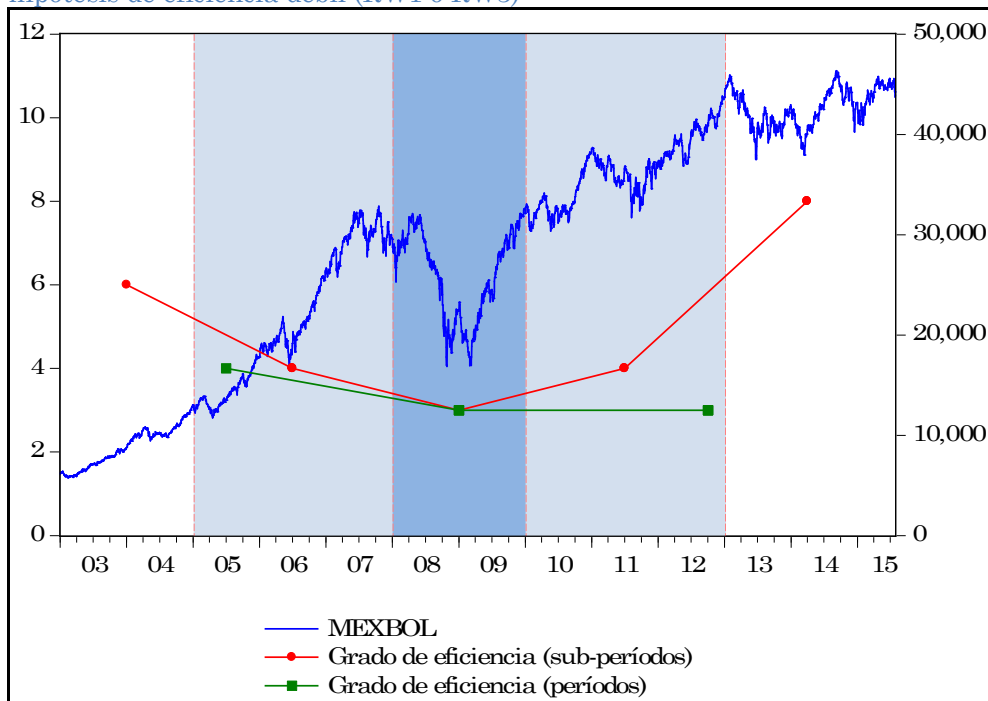
Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.11:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en el mercado mexicano

MEXBOL (México)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	1		0	0	
		1	1		1	1
R-V + (ARCH)	0	1		1	1	
		1	1		1	1
Rachas + (R-V(rw3))	1	1		1	1	
		1	1		1	3
BDS + (R-V)	1	1		1	1	
		3	1		1	3
TOTAL*	2	4		3	3	
		6	4		4	8

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)  
 Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a eficiencia en su forma más estricta (RW1) desde las cuatro pruebas)  
**Fuente:** elaboración propia

**Gráfico 8.5:** Evolución del MEXBOL y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3)



**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 8.12:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en el mercado mexicano

MEXBOL (México)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
R-V + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
Rachas	0	0		0	0	
		0	0		0	3
Test BDS	0	0		0.5	0	
		3	0.5		0.5	3
TOTAL	0	0		0.5	0	
		3	0.5		0.5	6

\* Valor mínimo = 0 (las cuatro pruebas conducen a ineficiencia)

Valor máximo = 12 (las cuatro pruebas conducen a RW1)

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 8.6:** Evolución del MEXBOL y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1)



Fuente: elaboración propia

### **8.1.4. Análisis empírico del COLCAP**

Los resultados del test de Ljung-Box (Tabla B.22) revelan la existencia de relaciones lineales en los rendimientos del COLCAP, tanto para los períodos muestral completo, de pre-crisis y los dos sub-períodos en los que se divide, como para el período de post-crisis y el segundo sub-período que se considera en su partición. En cambio, se acepta la incorrelación en los rendimientos durante el período de crisis y en el primer sub-período de post-crisis, admitiéndose para ellos la eficiencia del mercado colombiano.

Los resultados correspondientes al test ratio-varianza que contrasta la hipótesis de no correlación (Tabla B.23) permiten aceptar que los rendimientos del índice COLCAP son incorrelados tanto en el período de crisis como en el primer sub-período de post-crisis, lo que supone la eficiencia del mercado colombiano durante los mismos (al menos en la forma que establece el paseo aleatorio 3). Para el resto de casos, la incorrelación es rechazada, resultando clara la decisión para el período muestral completo y los sub-períodos primero de pre-crisis y segundo de post-crisis, mientras que para los períodos de pre-crisis y post-crisis se utiliza el test global en pro de resolver la duda que, en ambos casos, suscita la aceptación de la hipótesis para  $k = 16$  en contraposición al rechazo de la misma para el resto de valores del parámetro  $k$ . Este rechazo conlleva la ineficiencia del mercado al no tener cabida ninguna de las formas de paseo aleatorio, de modo que se pueden realizar estrategias exitosas de inversión basadas únicamente en información histórica de precios.

Por su parte, de la aplicación del test de rachas al índice COLCAP se obtienen unos resultados (Tabla B.24) que no muestran diferencias

entre el período muestral completo y los diferentes períodos y sub-períodos considerados, pues para todos los casos se rechaza la aleatoriedad de los rendimientos, lo cual conduce al rechazo de la hipótesis de paseo aleatorio tipo 1.

La aplicación del test BDS a los rendimientos del índice COLCAP (Tabla B.25) permite rechazar que éstos sean independientes e idénticamente distribuidos para el período completo, el período de pre-crisis (incluyendo los sub-períodos en los que éste se subdivide) y el de post-crisis (junto con el segundo sub-período que lo forma). En cambio, los resultados obtenidos en el período de crisis y el primer sub-período de post-crisis no resultan concluyentes, pues para los valores 4 y 5 del parámetro de inmersión  $m$  la hipótesis de IID no se rechaza, mientras que para los demás valores sí.

Los resultados acerca de la hipótesis de RW3 obtenidos con la aplicación del test ratio-varianza (Tabla B.26) muestran una clara aceptación de la hipótesis en el período de crisis y en los sub-períodos de pre-crisis segundo y post-crisis primero. Igualmente dicha hipótesis también se acepta, pero en base al test global que solventa las decisiones dispares que se originan según los diferentes valores del parámetro  $k$ , para el período de pre-crisis y su primer sub-período, para el período de post-crisis y su segundo sub-período, así como para el período muestral completo<sup>11</sup>. Por tanto, según esta prueba se puede admitir la eficiencia desde la perspectiva del paseo aleatorio tipo 3 del mercado financiero colombiano en todos los períodos y sub-períodos considerados.

Por último, los resultados de la aplicación del test de efectos ARCH (Tabla B.27) a los rendimientos del COLCAP, ponen de manifiesto en

---

<sup>11</sup> En algunos de estos casos, el test global lleva a rechazar al 5%, pero no al 1% por lo que, siguiendo el criterio establecido en este trabajo, en estos casos se considera que no hay evidencia suficiente para el rechazo.

cada uno de los períodos y sub-períodos establecidos, que dichos rendimientos presentan relaciones de tipo no lineal.

Por último, el test de Ljung-Box para los efectos ARCH (Tabla A.28) corrobora los resultados de la prueba anterior en el sentido de que en todos los casos planteados se acepta la existencia de relaciones no lineales.

*Resultados del procedimiento propuesto para analizar la hipótesis de eficiencia débil*

A partir de las decisiones tomadas en cada uno de los tests anteriores, la metodología que se propone en este trabajo para comprobar la forma débil de eficiencia, proporciona, para el índice COLCAP los resultados que muestra la Tabla 8.13.

La aplicación del citado procedimiento desde los métodos lineales en los períodos completo, pre-crisis y los dos sub-períodos en los que ésta se divide, lleva a rechazar la hipótesis de paseo aleatorio y, por ende, a la ineficiencia del mercado colombiano.

En cambio, desde los métodos no lineales dicha estrategia lleva a aceptar en esos mismos períodos y sub-períodos la eficiencia débil en su forma menos estricta (que se corresponde, como es sabido, con el RW3).

En los períodos de crisis y post-crisis, incluyendo los dos sub-períodos que componen ésta última, la aplicación del procedimiento desde los métodos no lineales vuelve a poner de manifiesto el paseo aleatorio para los rendimientos del mercado colombiano, al igual que sucede cuando dicho procedimiento se inicia con los métodos lineales (salvo en el período de post-crisis y su segundo sub-período, en los que se prueba la ineficiencia).



Por último, utilizando el procedimiento planteado para estudiar la eficiencia débil del mercado colombiano en su sentido más estricto, el cual determina el paseo aleatorio tipo 1, los resultados (Tabla 8.14) ponen de manifiesto, con independencia del tipo de método desde el que se comience el análisis de la hipótesis RW1, el rechazo de la eficiencia del mercado para todos los períodos y sub-períodos considerados (excepto para el período de crisis y el primer sub-período de post-crisis, en los que la aplicación del test BDS no resulta concluyente).

#### *Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia*

En relación con el mercado colombiano, la Tabla 8.15 recoge las puntuaciones que evalúan el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia en las formas que establecen los tipos de paseo aleatorio 1 y 3, en cada uno de los períodos y sub-períodos considerados. Pues bien, la división del período muestral completo en tres períodos solamente incrementa el grado de eficiencia en el período de crisis, pasando de 2 a 4 (en los otros períodos se mantiene en 2). Por su parte, la división de la pre-crisis en sub-períodos no altera el grado de eficiencia de éste (valor 2), mientras que en la post-crisis dicha división lleva hasta un grado de eficiencia 4 en el primer sub-período.

La representación gráfica de dichas puntuaciones (Gráfico 8.7) muestra de una forma más visual la influencia de la crisis financiera en la eficiencia del mercado. En concreto, al llevar a cabo el análisis sobre los períodos, se detecta un aumento del grado de cumplimiento de la hipótesis durante la crisis, que no se mantiene tras la misma. En cambio, la consideración de sub-períodos en el estudio del COLCAP, pese a no presentar resultados diferentes a los obtenidos en el período de pre-crisis, sí que lo hace en el de post-crisis, en cuyo primer sub-período muestra el mayor grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia para el índice

citado, mientras que en el segundo sub-período dicho grado desciende hasta el nivel que tenía antes de la crisis.

Cuando en análisis se limita el análisis a la comprobación de la eficiencia débil en el sentido más estricto en el que ésta se puede dar, el grado de cumplimiento de la hipótesis (Tabla 8.16) pone de manifiesto la ineficiencia del mercado colombiano en todos los períodos y sub-períodos. Únicamente una de las pruebas conduce a resultados no concluyentes en el período de crisis y el primer sub-período de post-crisis, hecho por el cual las curvas del Gráfico 8.8 se distancian ligeramente del eje de abscisas.

**Tabla 8.13:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado colombiano: RW1 ó RW3 frente a no RW

COLCAP (Colombia)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza(RW1) + (efectos ARCH)		Rachas + (ratio-varianza(rw3))		BDS + (ratio-varianza)	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
	<b>2</b> 05/07		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No concluyente + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No concluyente + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
	<b>2</b> 13/15		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.14:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado colombiano: RW1 frente a no RW

COLCAP (Colombia)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (rw1) + (efectos ARCH)		Rachas		BDS	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>
	<b>2</b> 05/07		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No concluyente	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>	No concluyente
	<b>2</b> 13/15		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>

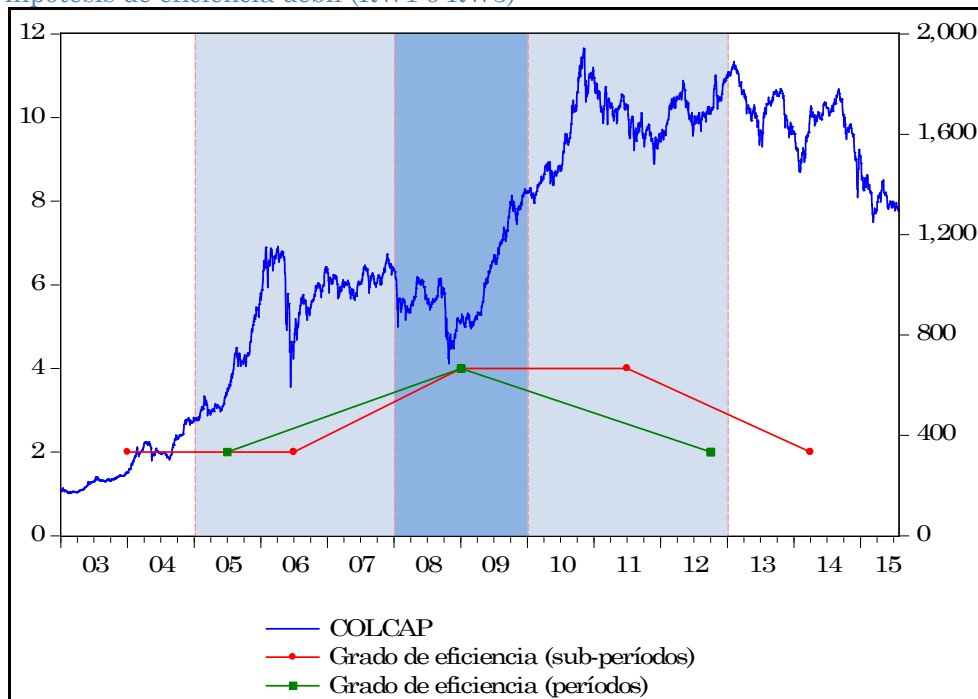
Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.15:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en el mercado colombiano

COLCAP (Colombia)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	0		1	0	
		0	0		1	0
R-V + (ARCH)	0	0		1	0	
		0	0		1	0
Rachas + (R-V(rw3))	1	1		1	1	
		1	1		1	1
BDS + (R-V(rw3))	1	1		1	1	
		1	1		1	1
TOTAL*	2	2		4	2	
		2	2		4	2

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)  
 Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a eficiencia en su forma más estricta (RW1) desde las cuatro pruebas)  
**Fuente:** elaboración propia

**Gráfico 8.7:** Evolución del COLCAP y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3)



**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 8.16:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en el mercado colombiano

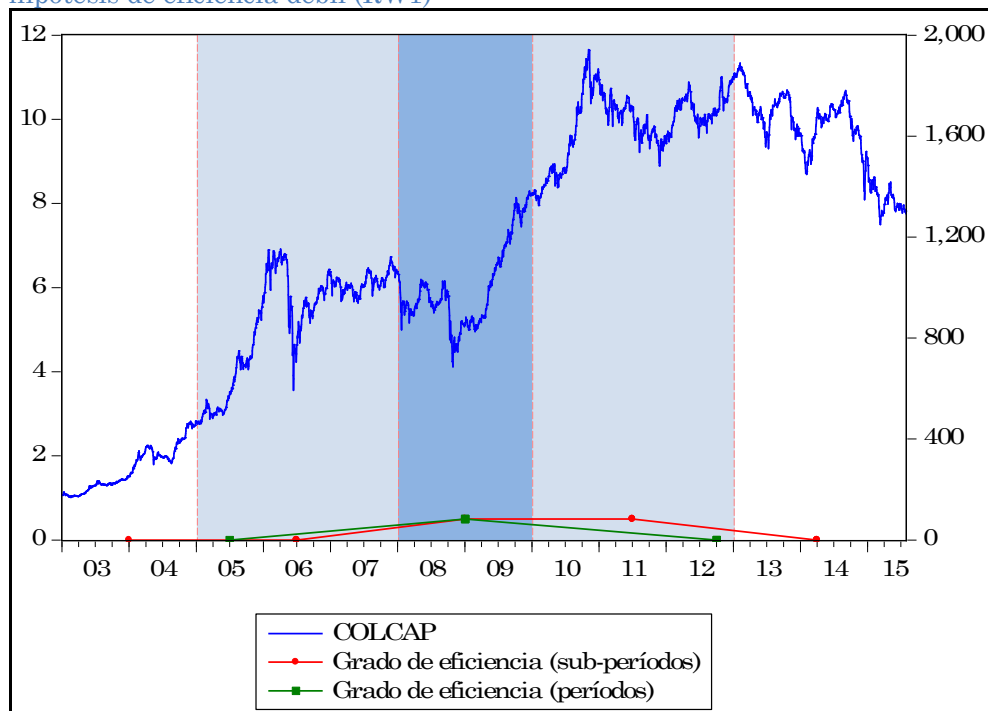
COLCAP (Colombia)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
R-V + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
Rachas	0	0		0	0	
		0	0		0	0
Test BDS	0	0		0.5	0	
		0	0		0.5	0
TOTAL*	0	0		0.5	0	
		0	0		0.5	0

\* Valor mínimo = 0 (las cuatro pruebas conducen a ineficiencia)

Valor máximo = 12 (las cuatro pruebas conducen a RW1)

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 8.8:** Evolución del COLCAP y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1)



Fuente: elaboración propia

### **8.1.5. Análisis empírico del IGBVL**

Los resultados que se obtienen de la aplicación del test de Ljung-Box a la serie de rendimientos del IGBVL (Tabla B.29), conducen al rechazo de la hipótesis de incorrelación tanto en los períodos y sub-períodos considerados como si se analiza el período muestral completo. En consecuencia, el mercado no es eficiente, pues según esta prueba los rendimientos presentan relaciones lineales, incompatibles con cualquier forma de paseo aleatorio, que hacen posible la existencia de modelos de predicción que permiten llevar a cabo estrategias exitosas de inversión.

Por su parte, los resultados que arroja la aplicación del test ratio-varianza (Tabla B.30) ponen de manifiesto, salvo para el primer sub-período de post-crisis en el que se acepta la incorrelación de los rendimientos, el rechazo de la hipótesis nula del contraste, concluyendo así que los rendimientos del IGBVL son correlados. Por esta razón, y para los períodos indicados, no se acepta la eficiencia del mercado al existir entre los rendimientos relaciones lineales incompatibles con las condiciones de cualquier paseo aleatorio que permitirían, por tanto, establecer modelos de predicción.

La aplicación del test de rachas a los rendimientos del IGBVL lleva a la obtención de resultados (Tabla B.31) que son claros en cuanto al rechazo de la hipótesis de aleatoriedad de la serie, tanto en el período muestral completo, como en todos períodos y sub-períodos planteados, con la excepción del primer sub-período de pre-crisis, en el que no hay evidencias claras para el rechazo (la hipótesis nula solo se rechaza para niveles de significación superiores al 3,4%).

Pasando a los resultados obtenidos de la aplicación del test BDS (Tabla B.32) se tiene que, salvo para el primer sub-período de pre-crisis

en el que no se debe concluir nada pues la hipótesis de paseo aleatorio 1 es aceptada o rechazada dependiendo del valor del parámetro de inmersión, los rendimientos que proporciona el IGBVL no son independientes ni idénticamente distribuidos, por lo que no se puede aceptar la hipótesis de RW1, sin perjuicio de la posibilidad de aceptar la de RW3.

De la aplicación del test ratio varianza para la contrastación del paseo aleatorio tipo 3 se obtienen unos resultados (Tabla B.33) que conducen de forma clara al rechazo de la hipótesis para los períodos completo y de pre-crisis así como para el sub-período primero de pre-crisis. Por el contrario, la hipótesis de paseo aleatorio 3 se acepta para los casos restantes; en concreto, la aceptación se produce de forma clara para el período de post-crisis y los sub-períodos segundo de pre-crisis y primero de post-crisis, mientras que para decidir en el período de crisis es necesario recurrir al test global de Chow y Denning. Finalmente, en el segundo sub-período de post-crisis no se rechaza la hipótesis en cuestión por no existir evidencias suficientes para ello, ni siquiera para el test global.

Por su parte, la prueba de detección de efectos ARCH, cuyos resultados aparecen en la Tabla B.34, lleva a rechazar la inexistencia de relaciones no lineales para todos los casos considerados. Se puede afirmar pues, que para todos los períodos y sub-períodos analizados, así como para el período muestral completo, la serie de rendimientos del IGBVL muestra efectos ARCH.

De manera adicional, el estudio de los citados efectos mediante el test de Ljung-Box (tabla.35) confirman las conclusiones de la prueba anterior en el sentido de aceptar la existencia de relaciones no lineales en todos los casos contemplados.



*Resultados del procedimiento propuesto para analizar la hipótesis de eficiencia débil*

Al aplicar el procedimiento propuesto en base a los resultados de cada una de las pruebas anteriores (Tabla 8.17), se puede decir que iniciando el análisis desde los métodos lineales, se detecta ineficiencia para todos los períodos y sub-períodos considerados, salvo en el sub-período primero de post-crisis en el que se acepta RW3 cuando se parte del test ratio-varianza. En cambio, el procedimiento iniciado con los métodos no lineales únicamente confirman la ineficiencia en los períodos completo y de pre-crisis. En el resto de casos, se pone de manifiesto la eficiencia en la forma que contempla el paseo aleatorio 3, salvo en el primer sub-período de pre-crisis en el que se acepta la eficiencia débil en su forma más estricta (RW1) si la estrategia se inicia con el test de rachas, y se rechaza la eficiencia si se parte del test BDS.

Haciendo uso de la metodología propuesta con el fin de corroborar solamente la existencia de paseo aleatorio tipo 1 los resultados (Tabla 8.18) ponen de manifiesto que, salvo para el último caso mencionado en el párrafo anterior (primer sub-período de pre-crisis), en todos los demás, se rechaza la eficiencia débil para el mercado peruano. En concreto, para el primer sub-período de pre-crisis, si se parte del test de rachas se confirma el paseo aleatorio 1, mientras que si se hace desde el test BDS no se puede concluir nada.

*Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia*

La Tabla 8.19 recoge las puntuaciones que permiten evaluar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia en el mercado financiero peruano. Por el valor de dichas puntuaciones se puede decir que el período completo resulta claramente ineficiente, mientras que cuando éste se divide en tres períodos la ineficiencia que muestra el

período de pre-crisis aumenta durante la crisis hasta un grado 2, el cual se mantiene inalterado en la post-crisis. Por otro lado, al dividir la pre-crisis en dos sub-períodos, éstos muestran cierto grado de eficiencia (3 y 2, respectivamente), pudiendo entenderse, tal vez, la disminución del grado de eficiencia como preludio de la crisis. Por su parte, la división de la post-crisis únicamente provoca un leve incremento del grado de eficiencia en el mercado peruano en el primer sub-período de la misma (valor 3), coincidiendo con la recuperación de su índice bursátil. Todo ello queda representado en el Gráfico 8.9, en el que se pone de manifiesto como, aun analizando los sub-períodos, no se detectan grandes alteraciones en el grado de eficiencia del mercado ni por la consideración de los mismos, ni por los efectos que pudiera haber causado la crisis financiera mundial. Cabe destacar como durante el segundo sub-período de post-crisis, coincidiendo con la evolución negativa que presenta el mercado peruano durante el mismo, el grado de eficiencia disminuye con respecto al sub-período anterior.

Si se limita el análisis para estudiar únicamente la eficiencia débil en su sentido más estricto (tabla 8.2), la única consecuencia de dividir en períodos y sub-períodos el período completo está en el primer sub-período de pre-crisis, en el que el grado de eficiencia toma un valor de 3,5. Para el resto de casos es clara la ineficiencia.

**Tabla 8.17:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado peruano: RW1 ó RW3 frente a no RW

IGBVL (Perú)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (RW1) + (efectos ARCH)		Rachas + (ratio-varianza(rw3))		BDS + (ratio-varianza)	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Correlación ↓ <b>No RW</b>		No IID + Correlación ↓ <b>No RW</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	No aleatoriedad + Correlación ↓ <b>No RW</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	No IID + Correlación ↓ <b>No RW</b>	No concluyente + Correlación ↓ <b>No RW</b>
	<b>2</b> 05/07		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
	<b>2</b> 13/15		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.18:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado peruano: RW1 frente a no RW

IGBVL (Perú)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (RW1) + (efectos ARCH)		Rachas		BDS	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>	No concluyente
	<b>2</b> 05/07		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Innorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>
	<b>2</b> 13/15		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>

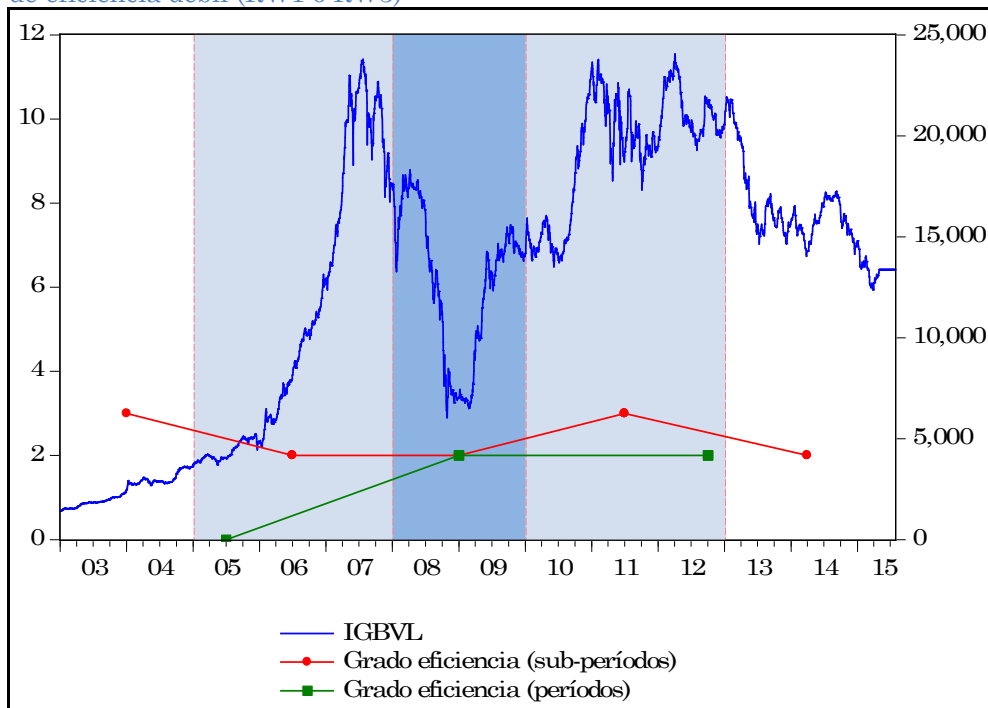
Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.19:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en el mercado peruano

IGBVL (Perú)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
R-V + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		1	0
Rachas + (R-V(rw3))	0	1		1	1	
		3	1		1	1
BDS + (R-V)	0	0		1	1	
		0	1		1	1
TOTAL*	0	0		2	2	
		3	2		3	2

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)  
 Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a eficiencia en su forma más estricta (RW1) desde las cuatro pruebas)  
**Fuente:** elaboración propia

**Gráfico 8.9:** Evolución del IGBVL y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3)



**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 8.20:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en el mercado peruano

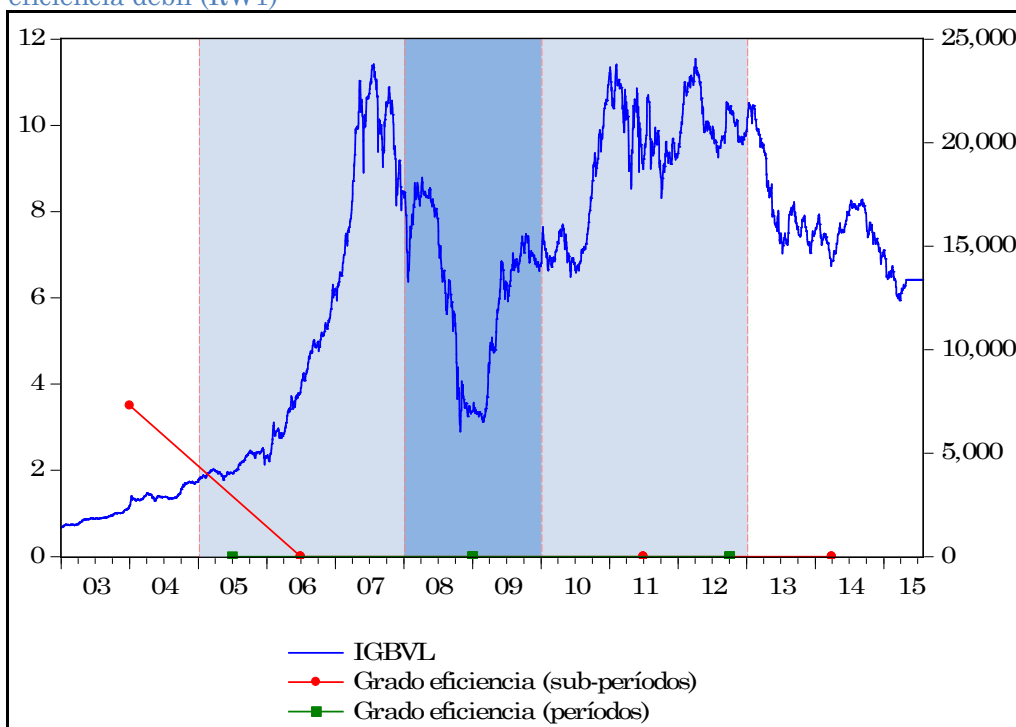
IGBVL (Perú)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
R-V + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
Rachas	0	0		0	0	
		3	0		0	0
Test BDS	0	0		0	0	
		0.5	0		0	0
TOTAL*	0	0		0	0	
		3.5	0		0	0

\* Valor mínimo = 0 (las cuatro pruebas conducen a ineficiencia)

Valor máximo = 12 (las cuatro pruebas conducen a RW1)

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 8.10:** Evolución del IGBVL y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1)



Fuente: elaboración propia

### **8.1.6. Análisis empírico del IBOV**

En primer lugar, los resultados que se obtienen con la aplicación del test de Ljung-Box (Tabla B.36) muestran, de forma clara, la ausencia de relaciones lineales en la serie de rendimientos del IBOV para todos los casos contemplados (período muestral completo y divisiones y subdivisiones del mismo), lo cual permite afirmar, de acuerdo con esta prueba, la eficiencia del mercado brasileño, al menos, en la forma que establece el paseo aleatorio 3.

A las mismas conclusiones conduce el test ratio-varianza en la versión que contrasta la hipótesis de incorrelación, pues sus resultados (Tabla B.37) implican aceptar que los rendimientos no muestran relaciones lineales para todos los períodos y sub-períodos considerados. En el caso del período muestral completo, la decisión de aceptación de la hipótesis se basa en los resultados que proporciona el test global de Chow y Denning, los cuales permiten concluir la pertinencia de la aceptación de la hipótesis de incorrelación ante la duda que generan las conclusiones contradictorias a las que avocan los test individuales según el valor del parámetro  $k$ .

Por su parte, el análisis de los resultados del test de rachas a los rendimientos del IBOV (Tabla B.38) pone de manifiesto la aleatoriedad de los mismos, tanto en los períodos de crisis y pre-crisis y los sub-períodos que forman éste último, como en el segundo sub-período de post-crisis, lo que implica que, en estos casos, los rendimientos siguen un paseo aleatorio 1, hecho compatible como es sabido, con la hipótesis de eficiencia del mercado. Por el contrario, la citada aleatoriedad resulta rechazada al considerar el análisis de los períodos muestral completo, post-crisis y el sub-período primero de ésta.

Por su parte, la aplicación del test BDS a la serie de rendimientos del IBOV (Tabla B.39) permite concluir de forma clara que ésta es independiente e idénticamente distribuida, tanto en los períodos de pre-crisis y post-crisis, como en los dos sub-períodos de pre-crisis y el segundo de post-crisis. Aunque para el período muestral completo y primer sub-período de post-crisis el test lleva a rechazar la hipótesis RW1 para el valor 2 del parámetro de inmersión, los resultados del test para el resto de valores de dicho parámetro hacen razonable el no rechazo. En cambio, para el período de crisis los resultados no son concluyentes, pues son muy dispares dependiendo del valor del parámetro de inmersión que se considere.

En relación a los resultados que proporciona el test ratio-varianza en la versión que contrasta el RW3 (Tabla B.40), cabe decir que dirigen claramente hacia la aceptación de la hipótesis de paseo aleatorio tipo 3 para el período muestral completo y también para todos los períodos y sub-períodos considerados dentro del mismo, con lo que se aceptaría la eficiencia débil para el mercado brasileño, no resultando posible batirlo.

Para terminar el análisis, los resultados de la prueba de efectos ARCH mostrados en la Tabla 41 conducen al rechazo de la hipótesis nula del contraste en la mayor parte de casos (períodos completo, de crisis y pre-crisis, así como primer sub-período de pre-crisis y los dos en los que divide la post-crisis), por lo que en ellos se puede decir que los rendimientos del IBOV presentan relaciones no lineales. En cambio, para el segundo sub-período de pre-crisis se acepta que los rendimientos no presentan efectos ARCH.

A idénticas conclusiones se llega si se analizan el tipo de efectos citados mediante el test de Ljung-Box (Tabla B.42), obteniéndose que los



rendimientos del IBOV, salvo para el segundo sub-período de pre-crisis, presentan efectos ARCH.

*Resultados del procedimiento propuesto para analizar la hipótesis de eficiencia débil*

Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología (Tabla 8.21) con independencia del test desde el cual se inicie la misma, llevan a aceptar la hipótesis de paseo aleatorio, bien en su forma 1 ó 3. Cuando el procedimiento parte de un método lineal, en general, conduce al paseo aleatorio tipo 3 (únicamente se admite el paseo aleatorio 1 en el segundo sub-período de pre-crisis).

En cambio, cuando la metodología se aplica desde los métodos no lineales hay más casos en los que se admite el RW1. Concretamente, desde el test BDS se acepta dicho tipo de paseo aleatorio en todos los períodos y sub-períodos, exceptuando el de crisis, en el que sólo se puede probar el RW3. Por su parte, con el test de rachas la estrategia solo conduce al paseo aleatorio tipo 3 en los períodos completo y de post-crisis y el primer sub-período de ésta; en el resto de casos se acepta el paseo aleatorio tipo 1.

De la aplicación de la metodología con el objetivo de comprobar únicamente la forma de eficiencia que supone el RW1 (Tabla 8.22), se confirman los casos de este tipo de paseo aleatorio detectados con anterioridad (salvo al iniciar el procedimiento desde el test BDS para el período de crisis, en el que no se puede concluir nada). En todos ellos se acepta la eficiencia, mientras que es rechazada para los casos en los que antes se aceptaba el paseo aleatorio 3.

*Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia*

El grado de cumplimiento de la hipótesis de la hipótesis eficiencia débil (en la forma RW1 ó RW3) para cada período y sub-período en el mercado brasileño se intenta evaluar mediante las puntuaciones que recoge la Tabla 8.23, cuyos valores muestran que dicho mercado tiene un elevado grado de eficiencia tanto en períodos como sub-período. Así, ya desde la consideración del período completo manifiesta un grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia de 6, que es el mismo que se mantiene cuando se establecen los períodos de crisis y post-crisis, si bien en pre-crisis se llega a alcanza un grado 8. Por su parte, con la consideración de sub-períodos resulta que el elevado grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia detectado en el primer sub-período de pre-crisis (valor 8) aumenta en el segundo sub-período hasta el máximo posible que puede alcanzar (valor 12). Durante la crisis, y hasta el primer sub-período de post-crisis, el grado de cumplimiento de la hipótesis se mantiene en el nivel más bajo que alcanza (si bien es un grado considerable en el contexto que atañe), para aumentar hasta el valor de partida 8 en el último sub-período analizado. Todas estas circunstancias se reflejan en el Gráfico 8.11. Por un lado, la disminución que experimentan las curvas que recogen el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia con la llegada de la crisis refleja claramente el efecto de la misma en este mercado. Por otro lado el hecho de que la curva que representa el grado de eficiencia por sub-períodos esté por encima de la que se limita a los períodos, pone de manifiesto que la división en sub-períodos incrementa el grado de eficiencia.

Cuando el análisis se ciñe a comprobar la forma de eficiencia débil que establece el paseo aleatorio 1, las puntuaciones que contiene la Tabla 8.24 vuelven a mostrar, en general, el alto grado de eficiencia del mercado brasileño, si bien, el citado grado es más bajo que los

comentados anteriormente por ser la hipótesis más restrictiva. En este caso, el período completo tan solo presenta grado de eficiencia de 1, aumentando este valor cuando se establecen los períodos de pre-crisis, crisis y post-crisis hasta 6, 3'5 y 3, respectivamente. Por su parte, la división de los períodos de pre-crisis y post-crisis en sub-períodos implica un aumento del grado de eficiencia de los dos segundos sub-períodos en cada caso. En concreto, la división del período de pre-crisis, en el que se detectan los mayores grados de eficiencia, supone que el primero permanezca inalterado respecto al nivel 6 del período, mientras que en el segundo sub-período se produce un aumento del citado grado que llega a alcanzar el nivel 12 (mayor grado de eficiencia débil posible). Además, de la división del período de post-crisis, durante el cual el grado de eficiencia alcanza su valor más bajo (grado 3), se tiene que el mismo, pese a mantenerse en el primer sub-período, aumenta hasta 6 en el segundo.

Lo anteriormente descrito queda plasmado en el Gráfico 8.12 que, por un lado manifiesta el descenso que sufre el grado de eficiencia cuando se consideran períodos a lo largo del tiempo, mientras que, si se tienen en cuenta los sub-períodos, la curva que representa el grado de eficiencia de los mismos al estar por encima de la de los períodos, refleja la mayor eficiencia de los primeros. Resulta de especial interés el hecho de que la recuperación que parece experimentar el grado de eficiencia en el segundo sub-período de post-crisis, se produzca cuando el mercado bursátil brasileño presenta una tendencia más o menos constante.

**Tabla 8.21:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado brasileño: RW1 ó RW3 frente a no RW

IBOV (Brasil)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (RW1) + (efectos ARCH)		Rachas + (ratio-varianza(rw3))		BDS + (ratio-varianza)	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		IID ↓ <b>RW1</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	IID ↓ <b>RW1</b>	IID ↓ <b>RW1</b>
	<b>2</b> 05/07		Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>		Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		IID ↓ <b>RW1</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		No concluyente + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	IID ↓ <b>RW1</b>	IID ↓ <b>RW1</b>
	<b>2</b> 13/15		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		IID ↓ <b>RW1</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.22:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado brasileño: RW1 frente a no RW

IBOV (Brasil)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (RW1) + (efectos ARCH)		Rachas		BDS	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		IID ↓ <b>RW1</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	IID ↓ <b>RW1</b>	IID ↓ <b>RW1</b>
	<b>2</b> 05/07		Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>		Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		IID ↓ <b>RW1</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		No concluyente	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	IID ↓ <b>RW1</b>	IID ↓ <b>RW1</b>
	<b>2</b> 13/15		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		IID ↓ <b>RW1</b>

Fuente: elaboración propia

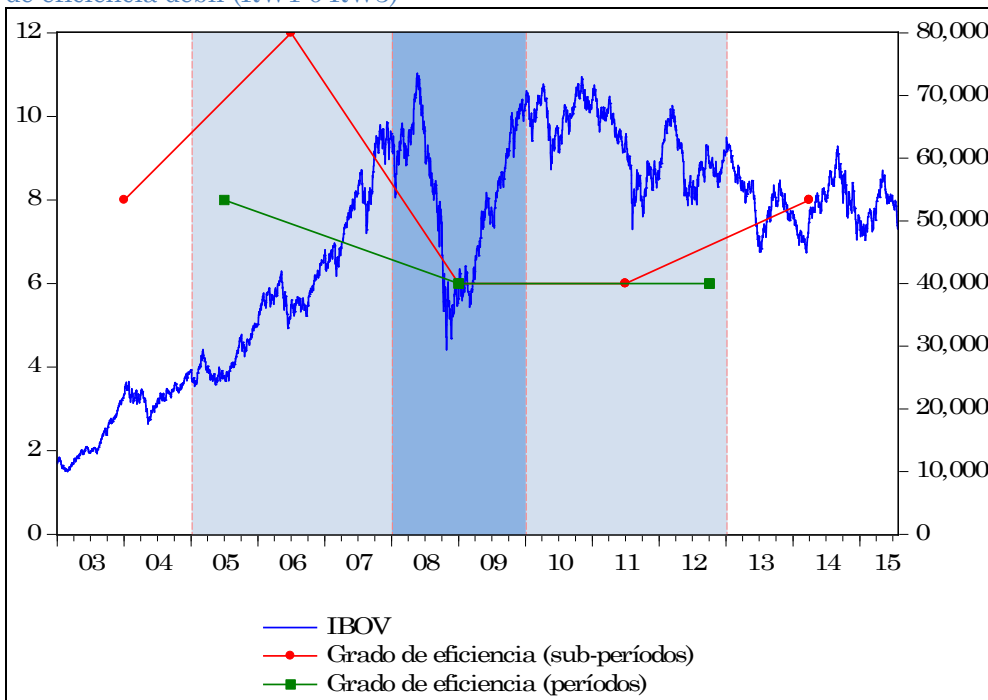
**Tabla 8.23:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en el mercado brasileño

IBOV (Brasil)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	1	1		1	1	
		1	3		1	1
R-V + (ARCH)	1	1		1	1	
		1	3		1	1
Rachas + (R-V(rw3))	1	3		3	1	
		3	3		1	3
BDS + (R-V)	3	3		1	3	
		3	3		3	3
TOTAL*	6	8		6	6	
		8	12		6	8

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)  
 Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a eficiencia en su forma más estricta (RW1) desde las cuatro pruebas)

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 8.11:** Evolución del IBOV y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3)



Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.24:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en el mercado brasileño

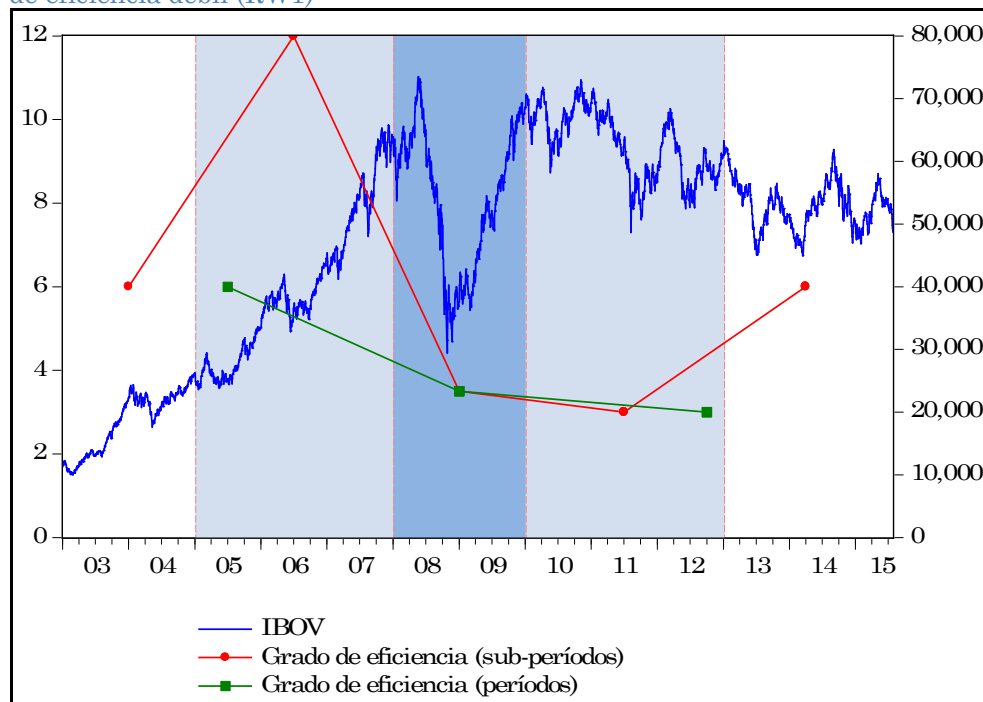
IBOV (Brasil)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	3		0	0
R-V + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	3		0	0
Rachas	0	3		3	0	
		3	3		0	3
Test BDS	3	3		0.5	3	
		3	3		3	3
TOTAL*	1	6		3.5	3	
		6	12		3	6

\* Valor mínimo = 0 (las cuatro pruebas conducen a ineficiencia)

Valor máximo = 12 (las cuatro pruebas conducen a RW1)

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 8.12:** Evolución del IBOV y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1)



Fuente: elaboración propia

### **8.1.7. Análisis empírico del Merval**

Los resultados obtenidos con la aplicación del test de Ljung-Box a los rendimientos del índice Merval (Tabla B.43) muestran ausencia de relaciones lineales de hasta orden 7 tanto para el período de pre-crisis y sus dos sub-períodos, como para el primer sub-período de post-crisis. En el resto de casos (períodos muestral completo, crisis, post-crisis y sub-período segundo de éste), la hipótesis de incorrelación resulta rechazada al detectarse relaciones lineales que implican la posibilidad de realizar modelos de predicción que no son compatibles con la idea de mercado eficiente.

En cambio, los resultados del test ratio-varianza (Tabla B.44) conducen a la aceptación de la hipótesis de no correlación para todos los casos contemplados excepto para el período de crisis, si bien en el período muestral completo y en el primer sub-período de post-crisis las contradicciones presentadas por el test individual al considerar diferentes valores del parámetro  $k$  hacen necesario el uso del test global para llegar a una conclusión concreta. En el caso del período de crisis los resultados de los test individuales para los diferentes valores de  $k$  son tan dispares que, a pesar de los resultados del test global, se considera que lo más razonable es no concluir nada. En consecuencia, según esta prueba, en todos los casos menos en la crisis se admite que la serie de rendimientos es incorrelada y, por ende, la eficiencia en el mercado argentino, al menos, como establece el paseo aleatorio tipo 3.

Los resultados obtenidos de la aplicación del test de rachas (Tabla B.45) muestran el rechazo de la hipótesis de aleatoriedad, tanto en los períodos completo, crisis y post-crisis, como en el primer sub-período de post-crisis. Por el contrario, se acepta la aleatoriedad de los rendimientos



en el período de pre-crisis y los sub-períodos en los que éste se divide, así como también en el sub-período segundo de post-crisis, de manera que se supone en los mismos la eficiencia del mercado argentino.

Por su parte, el test BDS (Tabla B.46) lleva a rechazar de forma clara la hipótesis nula de que los rendimientos son independientes e idénticamente distribuidos, solamente cuando se considera el período muestral completo. De igual modo, la aceptación de la hipótesis del test se muestra clara únicamente en el primer sub-período de pre-crisis y en el segundo de post-crisis. En cambio, para el resto de casos, compuesto por los períodos de pre-crisis, crisis y post-crisis y los sub-períodos segundo de pre-crisis y primero de post-crisis, los resultados no son concluyentes al suponer el rechazo de la hipótesis en los primeros valores de inmersión  $m$ , y a la aceptación en valores superiores.

Además, el test ratio-varianza utilizado para contrastar el paseo aleatorio 3 proporciona unos resultados contundentes (Tabla B.47) en el sentido de aceptar en todos los casos que los rendimientos del índice Merval siguen un RW3.

Atendiendo a los resultados proporcionados por la prueba de efectos ARCH sobre los rendimientos del índice Merval (Tabla B.48), cabe decir que para el primer sub-período de pre-crisis no hay evidencia suficiente a favor de la existencia de relaciones no lineales. En cambio, para el resto de los casos el rechazo de la hipótesis nula del test implica que la serie de rendimientos presenta el citado tipo de relaciones tal y como detecta el test aplicado anteriormente.

De manera complementaria, el estudio de los efectos ARCH mediante la realización del test de Ljung-Box (Tabla B.49) conduce a resultados idénticos a los obtenidos con la prueba anterior, detectando que los

rendimientos del Merval no presentan relaciones no lineales únicamente en el primer sub-período de pre-crisis.

*Resultados del procedimiento propuesto para analizar la hipótesis de eficiencia débil*

De la aplicación del procedimiento propuesto para analizar la hipótesis de eficiencia en base a los resultados de las pruebas anteriores (Tabla 8.25) se tiene que, con independencia del test con el cual se comience el proceso, se admite la eficiencia en la forma 1 ó 3 de paseo aleatorio, existiendo algún caso de ineficiencia que proviene de comenzar la estrategia desde los métodos lineales. En concreto, al comenzar el proceso de análisis de la hipótesis desde el test de Ljung-Box, éste detecta ineficiencia en los períodos completo, crisis, post-crisis y segundo sub-período de la misma. Por otro lado, en el período de crisis, cuando se parte del test ratio-varianza, no se puede concluir nada.

En los casos de eficiencia, ésta se manifiesta en la forma que establece el tipo de paseo aleatorio 3 para los períodos completo, crisis, post-crisis y su primer sub-período. En cambio, en el primer sub-período de pre-crisis la aceptación de la eficiencia se lleva a cabo bajo las condiciones de RW1, según establece de forma unánime cualquiera de los métodos aplicados. Por su parte, tanto en el período de pre-crisis como en el segundo sub-período de la misma, se acepta la forma de paseo aleatorio 3, salvo cuando se parte del test de rachas, que conduce al paseo tipo 1. Por último, la eficiencia del segundo sub-período de post-crisis es aceptada partiendo de los métodos no lineales en la forma que establece el RW1, mientras que si se comienza el análisis desde el método lineal ratio-varianza, la aceptación se produce con la forma de paseo aleatorio 3.

Para terminar, la aplicación del procedimiento con la finalidad de comprobar la eficiencia débil únicamente en la forma que la establece el paseo aleatorio 1 (Tabla 8.26) corrobora la eficiencia en la citada forma para todos los casos en los que anteriormente se había detectado, a excepción de los período de pre-crisis, crisis y post-crisis y los sub-períodos segundo de pre-crisis y primero de post-crisis, en los que partiendo del test BDS no es posible llegar a ninguna conclusión.

#### *Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia*

Las puntuaciones para evaluar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en la forma de paseo aleatorio 1 ó 3 en el mercado argentino en los períodos y sub-períodos establecidos (Tabla 8.27) muestran como el grado de eficiencia que se detecta en el período completo (valor 3) tan sólo aumenta en el período de pre-crisis hasta un valor de 6, mientras que desciende levemente (a 2,5) durante la crisis, y se mantiene en 3 después de la misma. Sin embargo, cuando se dividen los períodos de pre-crisis y post-crisis en sub-períodos se tiene que los que experimentan mayor aumento son el primero de pre-crisis y segundo de post-crisis. En concreto, al dividir la pre-crisis, se obtiene el máximo grado de eficiencia posible en el primer sub-período (valor 12), presentando el mismo valor de todo el período en el segundo (valor 6). Por su parte, la división de la post-crisis conduce a un grado 4 de cumplimiento de la hipótesis en el primer sub-período y, hasta un grado 7 en el segundo.

Todo ello queda reflejado en el Gráfico 8.13, en el que se observa como las curvas que representan el grado de eficiencia por períodos y sub-períodos quedan separadas por una distancia que crece a medida que los puntos de representación de los sub-períodos están más alejados de la crisis (la curva por sub-período siempre por encima de la de por períodos). Cabe mencionar que, aunque los efectos negativos que la crisis ha tenido

en la eficiencia de los sub-períodos van disminuyendo a medida que avanza la post-crisis, aún en el segundo de post-crisis no se ha logrado alcanzar la eficiencia plena de la que se partía en el primer sub-período estudiado.

Si se limita el análisis a evaluar el cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en la forma que establece el paseo aleatorio 1, las puntuaciones que contiene la Tabla 8.28 reproducen una situación similar a la del análisis anterior. Por un lado, se pone de manifiesto una ineficiencia clara en el período completo. Por otro lado, la división en los períodos de pre-crisis, crisis y post-crisis refleja un aumento del grado de cumplimiento de la hipótesis estricta de eficiencia que va decreciendo con el paso del tiempo, siendo 3'5, 1 y 0'5 respectivamente. Por su parte, la división de la pre-crisis muestra en el primer sub-período un gran aumento de la eficiencia (de hecho alcanza el mayor grado posible, 12), mientras que en el segundo no varía respecto a la de todo el período, permaneciendo en 3,5. De igual modo, al considerar sub-períodos en la post-crisis, mientras que el primero se mantiene con el grado 0.5, el segundo aumenta hasta 6. Finalmente, el Gráfico 8.14 refleja todo lo anterior mostrando como la curva del grado de cumplimiento por sub-períodos está más distanciada de la curva por períodos (en concreto, la primera por encima de la segunda) en los sub-períodos que quedan más alejados de la crisis financiera. También se aprecia como la recuperación que muestra el grado de eficiencia débil en el segundo sub-período de post-crisis, coincide con la recuperación del índice bursátil, si bien no ha logrado alcanzar el nivel de eficiencia máximo que se logra en el primer sub-período de pre-crisis.

**Tabla 8.25:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado argentino: RW1 ó RW3 frente a no RW

<b>MERVAL</b> (Argentina)		<b>Ljung-Box</b> + <b>(efectos ARCH)</b>		<b>Ratio-Varianza (RW1)</b> + <b>(efectos ARCH)</b>		<b>Rachas</b> + <b>(ratio-varianza(rw3))</b>		<b>BDS</b> + <b>(ratio-varianza)</b>		
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + No ARCH ↓ <b>RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>	NC + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	IID ↓ <b>RW1</b>
	<b>2</b> 05/07		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>					NC + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		NC + ARCH ↓ <b>NC</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		NC + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	NC + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	NC + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
	<b>2</b> 13/15		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>					Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.26:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado argentino: RW1 frente a no RW

MERVAL (Argentina)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (RW1) + (efectos ARCH)		Rachas		BDS	
Período completo 2003-2015		Correlación ↓ No RW1		Incorrelación + ARCH ↓ No RW1		No aleatoriedad ↓ No RW1		No IID ↓ No RW1	
Período pre-crisis 2003/2007	1 03/04	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	Incorrelación + No ARCH ↓ RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	Incorrelación + No ARCH ↓ RW1	Aleatoriedad ↓ RW1	Aleatoriedad ↓ RW1	No concluyente	IID ↓ RW1
	2 05/07		Incorrelación + ARCH ↓ No RW1		Incorrelación + ARCH ↓ No RW1		Aleatoriedad ↓ RW1		No concluyente
Crisis 2008/2009		Correlación ↓ No RW1		No concluyente		No aleatoriedad ↓ No RW1		No concluyente	
Período post-crisis 2010/2015	1 10/12	Correlación ↓ No RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	Incorrelación + ARCH ↓ No RW1	No aleatoriedad ↓ No RW1	No aleatoriedad ↓ No RW1	No concluyente	No concluyente
	2 13/15		Correlación ↓ No RW1		Incorrelación + ARCH ↓ No RW1		Aleatoriedad ↓ RW1		IID ↓ RW1

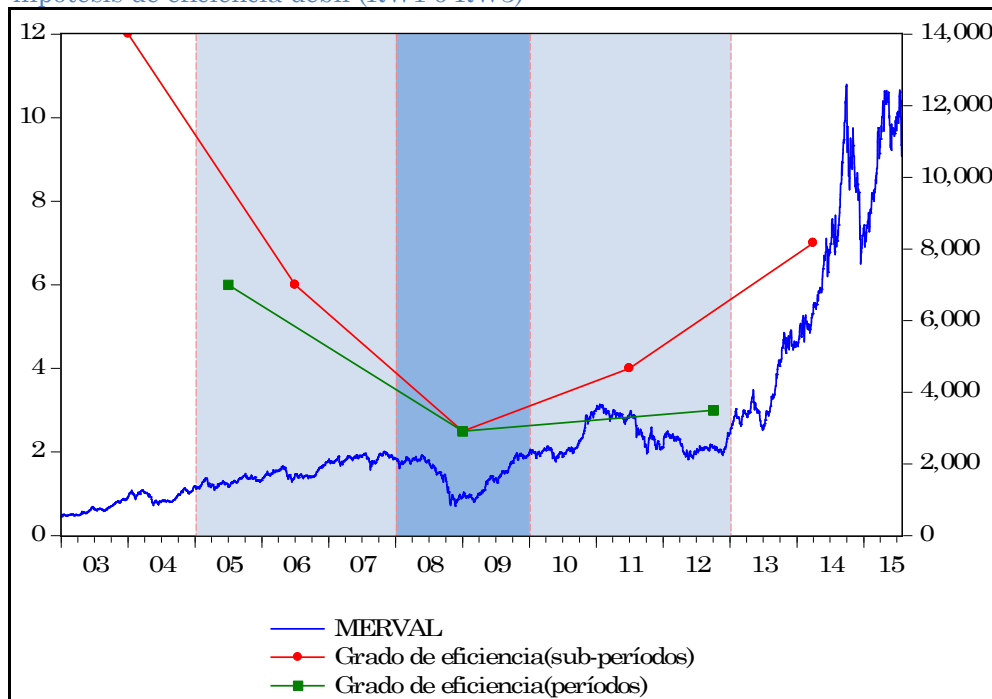
Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.27:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en el mercado argentino

MERVAL (Argentina)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	1		0	0	
		3	1		1	0
R-V + (ARCH)	1	1		0.5	1	
		3	1		1	1
Rachas + (R-V(rw3))	1	3		1	1	
		3	3		1	3
BDS + (R-V)	1	1		1	1	
		3	1		1	3
TOTAL*	3	6		2.5	3	
		12	6		4	7

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)  
 Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a eficiencia en su forma más estricta (RW1) desde las cuatro pruebas)  
**Fuente:** elaboración propia

**Gráfico 8.13:** Evolución del MERVAL y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3)



**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 8.28:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en el mercado argentino

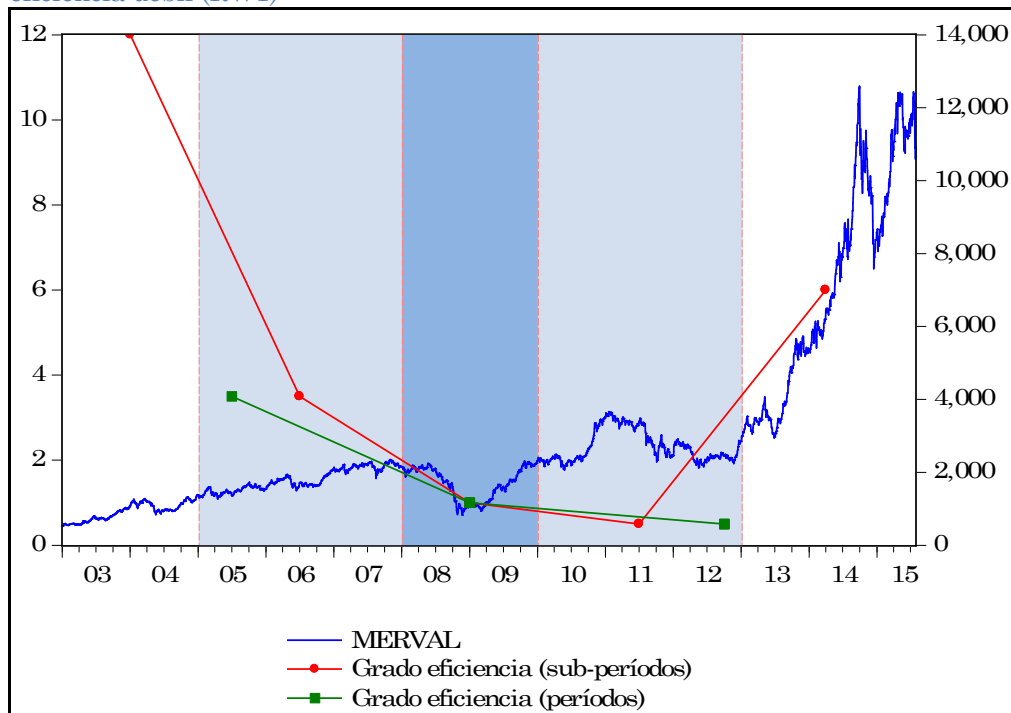
MERVAL (Argentina)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	0		0	0	
		3	0		0	0
R-V + (ARCH)	0	0		0.5	0	
		3	0		0	0
Rachas	0	3		0	0	
		3	3		0	3
Test BDS	0	0.5		0.5	0.5	
		3	0.5		0.5	3
TOTAL	0	3,5		1	0.5	
		12	3.5		0.5	6

\* Valor mínimo = 0 (las cuatro pruebas conducen a ineficiencia)

Valor máximo = 12 (las cuatro pruebas conducen a RW1)

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 8.14:** Evolución del IBOV y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1)



Fuente: elaboración propia



### **8.1.8. Análisis empírico del IBVC**

Los resultados obtenidos con la aplicación del test de Ljung-Box a la serie de rendimientos del IBVC (Tabla B.50) no permiten aceptar la hipótesis de incorrelación para el período muestral completo ni tampoco para ninguno de los períodos o sub-períodos en los que éste se divide. Así pues, al detectarse relaciones lineales en los rendimientos, incompatibles con todas las formas de paseo aleatorio, se puede afirmar que existe la posibilidad de establecer modelos con el objetivo de llevar a cabo predicciones acerca de los rendimientos, por lo que, según esta prueba, el mercado no es eficiente.

Analizando los resultados que arroja la aplicación del test ratio-varianza para el estudio de la hipótesis de no correlación (Tabla B.51), se concluye que se debe rechazar la misma en todos los casos considerados, a excepción del sub-período segundo de pre-crisis, en el que se acepta la incorrelación.

Por su parte, el análisis de los rendimientos del IBVC mediante el test de rachas (Tabla B.52) manifiesta de forma clara que sólo se acepta la hipótesis de aleatoriedad durante el período de crisis. Para el resto de casos dicha hipótesis es rechazada, lo cual implicaría la ineficiencia financiera del mercado venezolano, siempre y cuando las pruebas pertinentes no permitiesen aceptar al menos el RW3.

Los resultados que proporciona la aplicación del test BDS (Tabla B.53) no muestran diferencias al considerar el período muestral completo o bien el resto de períodos o sub-períodos que se contemplan en el análisis. En concreto, para todos estos casos se rechaza que los rendimientos sean independientes e idénticamente distribuidos, por lo

que no se puede decir que siguen un RW1. No obstante, los resultados para el período de crisis no parecen ofrecer evidencias para el rechazo tan clara como los demás casos, por lo que quizás sea más prudente no concluir nada.

Los resultados del test ratio-varianza en la versión que contrasta la hipótesis de paseo aleatorio 3 (Tabla B.54) permiten aceptarla de forma clara para el segundo sub-período de pre-crisis, y para el período de pre-crisis tras aplicar el test global. En el resto de casos el rechazo del RW3 se lleva a cabo sin ninguna duda.

Los resultados que ofrece la prueba de los efectos ARCH (Tabla B.55) son claros en el sentido del rechazo de la hipótesis nula para todos los casos considerados, de modo que se puede afirmar que existen rendimientos no lineales.

Las mismas conclusiones que con la prueba anterior se obtienen con la aplicación del test de Ljung-Box para el estudio de los efectos ARCH (Tabla B.56), pues de ella se deriva el rechazo de la hipótesis nula, esto es, se admite que los rendimientos presentan relaciones de tipo no lineal.

### *Resultados del procedimiento propuesto para analizar la hipótesis de eficiencia débil*

Finalmente, de la aplicación del procedimiento planteado, y con independencia del tipo de método utilizado, se obtienen unos resultados (Tabla 8.29) que llevan al rechazo de la hipótesis de paseo aleatorio en casi todos los períodos y sub-períodos considerados. Únicamente se admite la forma 3 del paseo aleatorio en el segundo sub-período de pre-crisis (excepto cuando el procedimiento se inicia desde el test de Ljung-Box que sigue llevando al rechazo). Otra excepción se produce en el

período de crisis en el que, iniciado desde el test de rachas la estrategia lleva a aceptar el RW1.

Además, si el proceso se considera con el objetivo de corroborar únicamente la existencia de paseo aleatorio tipo 1, los resultados del mismo (Tabla 8.30) indican claramente ineficiencia débil en su sentido más estricto en el mercado venezolano salvo para el caso de la crisis cuando el procedimiento se inicia con métodos no lineales. En concreto, en dicho período se acepta la eficiencia si se parte del test de rachas, mientras que no es posible concluir nada si se hace desde el test BDS.

#### *Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia*

La Tabla 8.31 que recoge las puntuaciones que tratan de evaluar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en la forma de RW1 ó RW3 detectado en el mercado venezolano para cada uno de los períodos y sub-períodos considerados, pone de manifiesto como el citado mercado es uno de los que presenta, en general, menor grado de eficiencia. En concreto el mercado resulta ineficiente en la gran mayoría de períodos y sub-períodos. Únicamente se detecta un ligero grado de eficiencia en pre-crisis y su segundo sub-período, y en crisis (valores 2, 3 y 3, respectivamente). En el Gráfico 8.15 quedan reflejadas todas estas circunstancias, llamando la atención que la ineficiencia que tiene lugar tras la crisis se produce precisamente cuando el mercado financiero venezolano comienza a adquirir mayor volumen de negociación.

Limitando el análisis para estudiar únicamente la eficiencia débil en la forma que establece el RW1 (tabla 8.32), la única consecuencia de dividir en períodos se manifiesta durante la crisis, en la que el grado de eficiencia toma un valor de 3,5. Para el resto de casos la ineficiencia del mercado financiero venezolano es clara.

**Tabla 8.29:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado venezolano: RW1 ó RW3 frente a no RW

<b>IBVC</b> (Venezuela)		<b>Ljung-Box</b> + <b>(efectos ARCH)</b>		<b>Ratio-Varianza (RW1)</b> + <b>(efectos ARCH)</b>		<b>Rachas</b> + <b>(ratio-varianza(rw3))</b>		<b>BDS</b> + <b>(ratio-varianza)</b>	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + correlación ↓ <b>No RW</b>		No IID + correlación ↓ <b>No RW</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No aleatoriedad + correlación ↓ <b>No RW</b>	No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>	No IID + correlación ↓ <b>No RW</b>
	<b>2</b> 05/07		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>RW3</b>		No aleatoriedad + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>		No IID + Incorrelación pero dependencia ↓ <b>RW3</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		No concluyente + correlación ↓ <b>No RW</b>	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>	No aleatoriedad + correlación ↓ <b>No RW</b>	No aleatoriedad + correlación ↓ <b>No RW</b>	No IID + correlación ↓ <b>No RW</b>	No IID + correlación ↓ <b>No RW</b>
	<b>2</b> 13/15		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		Correlación + (ARCH) ↓ <b>No RW</b>		No aleatoriedad + correlación ↓ <b>No RW</b>		No IID + correlación ↓ <b>No RW</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.30:** Contrastación de la hipótesis de eficiencia en el mercado venezolano: RW1 frente a no RW

IBVC (Venezuela)		Ljung-Box + (efectos ARCH)		Ratio-Varianza (RW1) + (efectos ARCH)		Rachas		BDS	
<b>Período completo</b> 2003-2015		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>	
<b>Período pre-crisis</b> 2003/2007	<b>1</b> 03/04	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>
	<b>2</b> 05/07		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Incorrelación + ARCH ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>
<b>Crisis</b> 2008/2009		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Aleatoriedad ↓ <b>RW1</b>		No concluyente	
<b>Período post-crisis</b> 2010/2015	<b>1</b> 10/12	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	Correlación ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>	No IID ↓ <b>No RW1</b>
	<b>2</b> 13/15		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		Correlación ↓ <b>No RW1</b>		No aleatoriedad ↓ <b>No RW1</b>		No IID ↓ <b>No RW1</b>

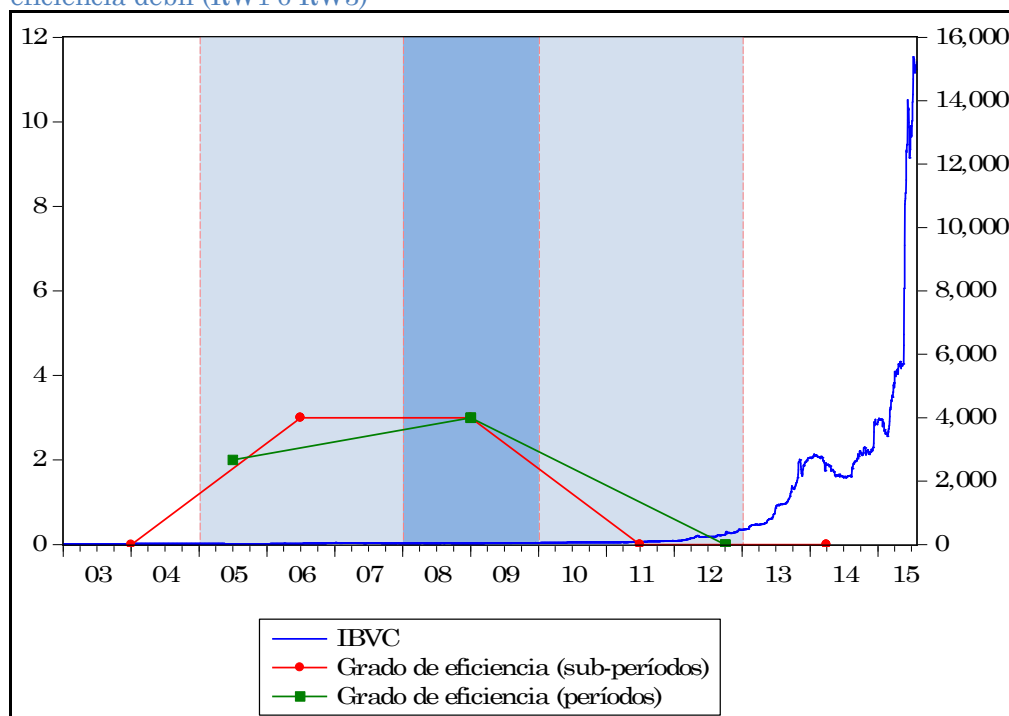
Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.31:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en el mercado venezolano

IBVC (Venezuela)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
R-V + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	1		0	0
Rachas + (R-V(rw3))	0	1		3	0	
		0	1		0	0
BDS + (R-V)	0	1		0	0	
		0	1		0	0
TOTAL*	0	2		3	0	
		0	3		0	0

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)  
 Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a eficiencia en su forma más estricta (RW1) desde las cuatro pruebas)  
**Fuente:** elaboración propia

**Gráfico 8.15:** Evolución del IBVC y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3)



**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 8.32:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en el mercado venezolano

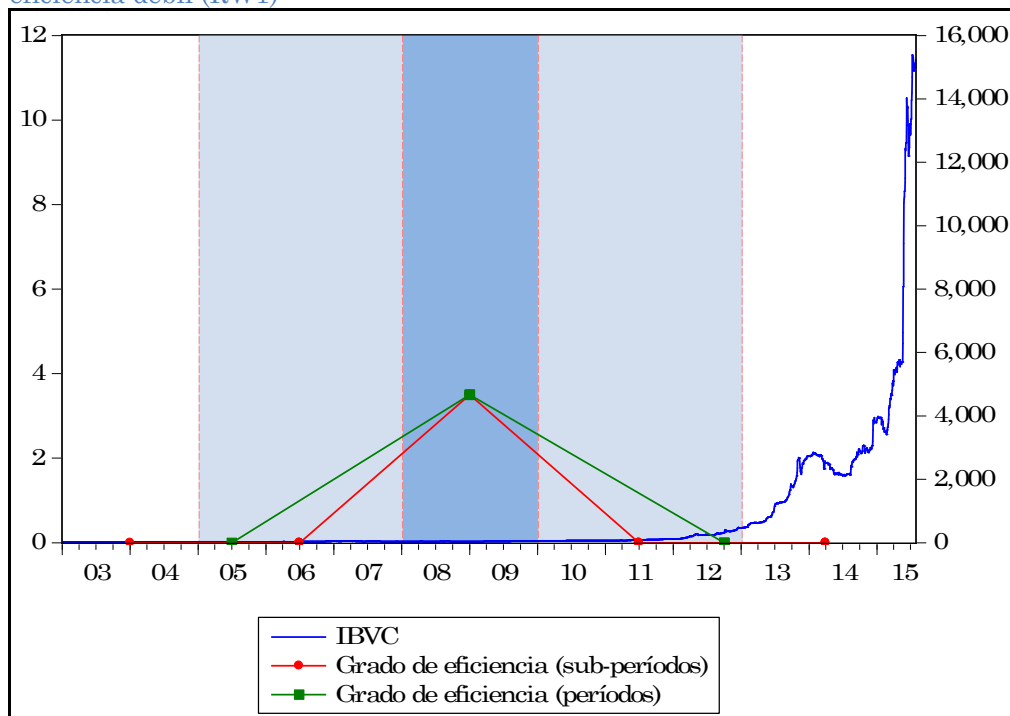
IBVC (Venezuela)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
LB + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
R-V + (ARCH)	0	0		0	0	
		0	0		0	0
Rachas	0	0		3	0	
		0	0		0	0
Test BDS	0	0		0.5	0	
		0	0		0	0
TOTAL*	0	0		3.5	0	
		0	0		0	0

\* Valor mínimo = 0 (las cuatro pruebas conducen a ineficiencia)

Valor máximo = 12 (las cuatro pruebas conducen a RW1)

Fuente: elaboración propia

**Gráfico 8.16:** Evolución del IBOV y del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1)



Fuente: elaboración propia

## **8.2. Comparación del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia entre los mercados analizados**

A la luz de los resultados procedentes del análisis individual realizado anteriormente acerca del grado de eficiencia débil (en la forma que establece el paseo aleatorio 1 ó 3) en cada uno de los mercados (Tabla 8.33), se tiene como en el período completo el mayor grado de eficiencia lo alcanza el mercado brasileño (grado 6); el resto de países apenas alcanzan el grado 2, con la excepción de Argentina que presenta un valor 3, o Perú y Venezuela que resultan completamente ineficientes.

Al llevar a cabo el análisis por períodos el mercado bursátil de Brasil sigue siendo el más eficiente, sin bajar en ningún caso del grado 6 de eficiencia. A continuación le siguen los mercados español y argentino que, si bien llegan a alcanzar un grado 6 en pre-crisis, dicho grado cae con la crisis (hasta 5 y 2'5, respectivamente) situándose tan solo en grado 3 en la post-crisis para ambos países. En el resto de mercados el valor que toma el citado grado de eficiencia es bastante menor; incluso en algunos casos se manifiesta ineficiencia (en concreto, para el período de pre-crisis los mercados chileno y peruano resultan ineficientes, al igual que ocurre en los mercados chileno y venezolano durante la post-crisis).



**Tabla 8.33:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 y RW3) por mercados

INDICE (País)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
IBEX (España)	2	6		5	3	
		6	6		5	10
IPSA (Chile)	2	0		2	0	
		0	2		2	0
MEXBOL (México)	2	4		3	3	
		6	4		4	8
COLCAP (Colombia)	2	2		4	2	
		2	2		4	2
IGBVL (Perú)	0	0		2	2	
		3	2		3	2
IBOV (Brasil)	6	8		6	6	
		8	12		6	8
MERVAL (Argentina)	3	6		2.5	3	
		12	6		4	7
IBVC (Venezuela)	0	2		3	0	
		0	3		0	0

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)

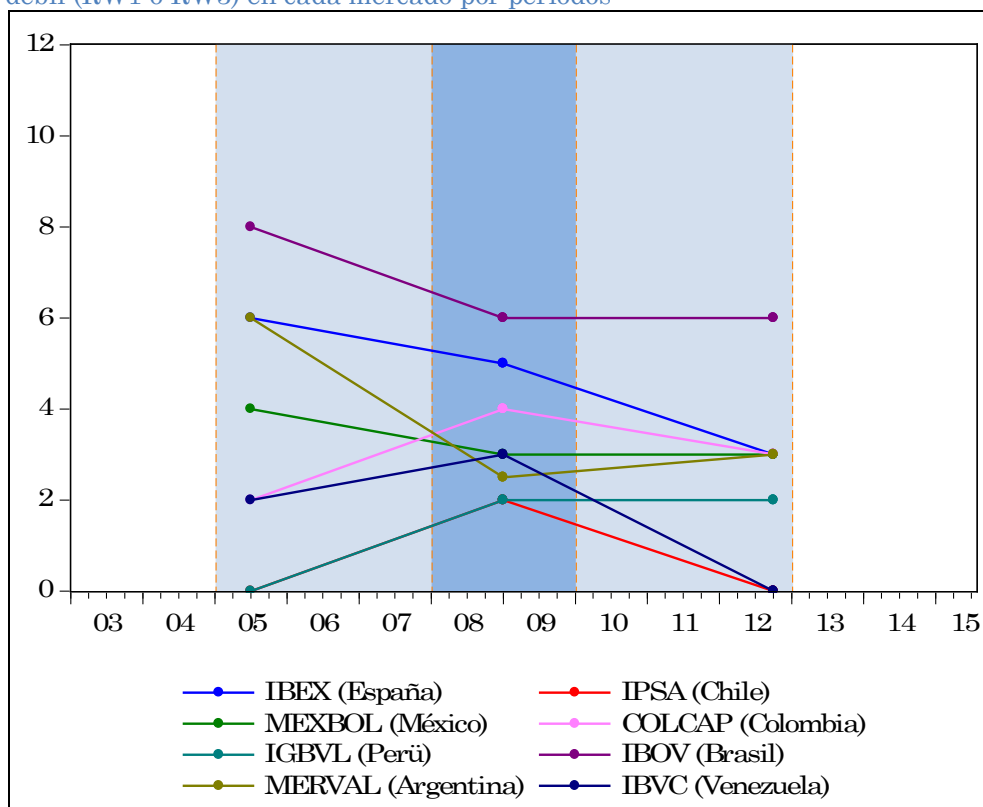
Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a eficiencia en la forma más estricta (RW1) desde las cuatro pruebas)

**Fuente:** elaboración propia

Todo lo anterior queda recogido en el Gráfico 8.17 en el que, de manera visual, es fácil apreciar cómo el grado de eficiencia financiera por períodos es menor en la post-crisis que en la pre-crisis, no pudiéndose llegar a una conclusión clara respecto al período de crisis. En concreto, la tónica general es que la crisis influye negativamente en el grado de eficiencia de un mercado lo cual se produce cuando la curva que une los

puntos del período de pre-crisis con el de crisis tiene pendiente negativa; en cambio, este hecho no ocurre en los mercados de Chile y Perú (cuyos grados de eficiencia se comportan de igual modo en los períodos de pre-crisis y crisis), ni tampoco en el de Venezuela, mostrando la citada curva pendiente positiva que indica un aumento del grado de eficiencia. Por su parte, el comportamiento que muestra el grado de eficiencia financiera en los mercados durante el tránsito entre la crisis y la post-crisis, es más homogéneo en el sentido de que, bien se mantiene el grado de eficiencia que se produce durante la crisis, o disminuye el valor en la post-crisis con respecto a éste.

**Gráfico 8.17:** Evolución del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en cada mercado por períodos

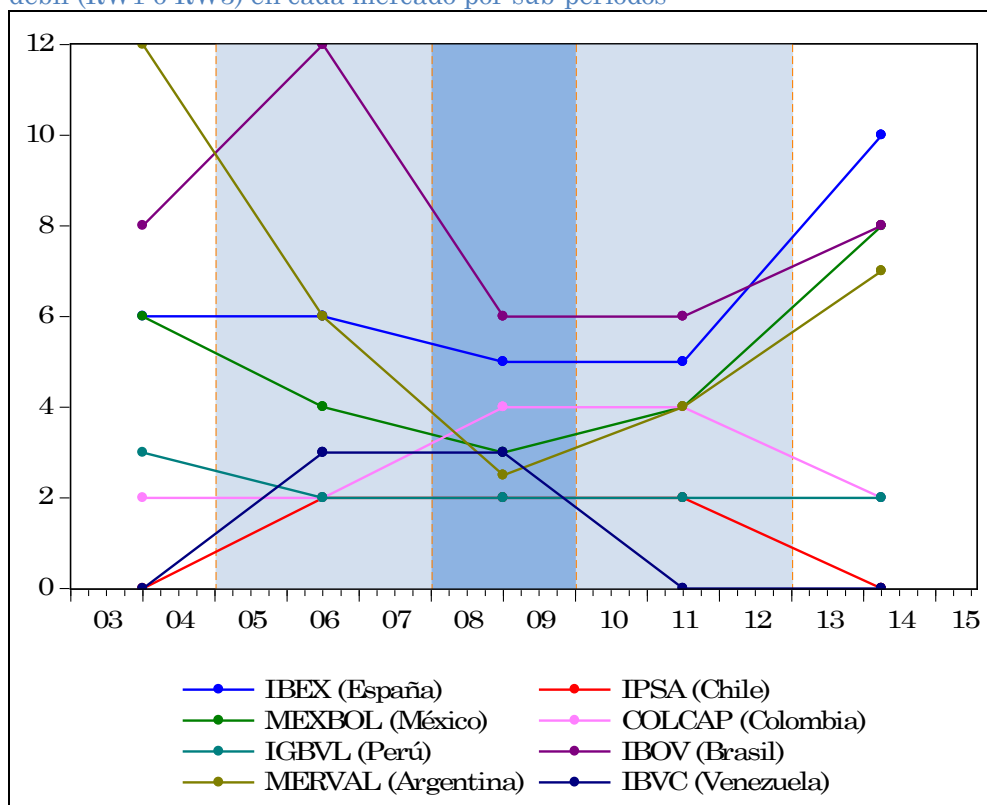


Fuente: elaboración propia

Del análisis por sub-períodos resulta que Brasil es el que presenta, en general, mayor grado de eficiencia, siendo sólo superado en el sub-período primero de pre-crisis por el mercado argentino (que presenta un

valor 12 frente al valor 8 de Brasil) y por el español en el segundo sub-período de post-crisis (con un grado 10 supera al 8 de Brasil). Observando los resultados de los dos sub-períodos de post-crisis se puede concluir que, como tónica general, el grado de eficiencia que muestra el primero de ellos se mantiene o aumenta ligeramente con respecto al mostrado durante la crisis en todos los mercados exceptuando el venezolano (que pasa a ser ineficiente). Por su parte, durante el segundo sub-período de post-crisis el grado de eficiencia continúa aumentando respecto del que se alcanza en el sub-período anterior en los mercados español, mexicano, brasileño y argentino; para el resto, el citado grado disminuye llegando hasta la ineficiencia en algunos casos (Chile y Venezuela).

**Gráfico 8.18:** Evolución del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1 ó RW3) en cada mercado por sub-períodos



Fuente: elaboración propia

El gráfico 8.18 que representa de forma visual los resultados obtenidos en el análisis del grado de eficiencia de cada mercado por sub-

períodos, confirma los hechos descritos con anterioridad. Entre ellos merece la pena destacar, por un lado, la mayor eficiencia detectada en el mercado brasileño, cuya curva se sitúa por encima de todas las demás (excepto en el primer sub-período de pre-crisis y en el segundo sub-período de post-crisis) seguido, por el español, el argentino y el mexicano; y por el otro la recuperación que está experimentando la eficiencia de los citados mercados en los últimos tiempos. Para los restantes mercados es evidente que la post-crisis no conlleva recuperación del grado de eficiencia (las curvas del grado de eficiencia correspondientes no crecen tras la crisis).

De los resultados obtenidos en el análisis individual de cada mercado acerca del grado de eficiencia débil en la forma que establece el paseo aleatorio 1 (Tabla 8.34), se puede decir que el período muestral completo muestra ineficiencia total en todos los mercados (solo el mercado brasileño logra alcanzar un grado 1).

El análisis por períodos revela, una vez más, que el mercado brasileño es el que presenta mayor grado de eficiencia. Concretamente, el citado mercado en el período de pre-crisis presenta un grado 6 de eficiencia, al que siguen los valores 3 y 3'5 correspondientes a los mercados español y argentino respectivamente, repitiéndose así una pauta similar a la detectada cuando se analiza la eficiencia en el sentido menos estricto. El resto de mercados resultan ineficientes durante el período de pre-crisis. En una línea similar se sitúan las conclusiones acerca del período de crisis, en el que los mercados brasileño y español, aún siendo los que mayor grado de eficiencia presentan, tan sólo rondan el valor 3. Por su parte, la post-crisis pone de manifiesto cierta eficiencia en el mercado brasileño (valor 3) mientras que para el resto de casos se puede decir que los mercados son ineficientes, al no superar, en el mejor de los casos, el valor 0'5. Todo ello se puede observar en el Gráfico 8.19,

en el que la curva del grado de eficiencia de Brasil siempre está por encima de las demás, seguida, a continuación, por la de España.

**Tabla 8.34:** Grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) por mercados

INDICE (País)	Período completo 2003-2015	Período pre-crisis		Crisis 2008/2009	Período post-crisis	
		1 03/04	2 05/07		1 10/12	2 13/15
IBEX (España)	0	3		3	0.5	
		3	3.5		3	9
IPSA (Chile)	0	0		0	0	
		0	0		0	0.5
MEXBOL (México)	0	0		0.5	0	
		3	0.5		0.5	6
COLCAP (Colombia)	0	0		0.5	0	
		0	0		0.5	0
IGBVL (Perú)	0	0		0	0	
		3.5	0		0	0
IBOV (Brasil)	1	6		3.5	3	
		6	12		3	6
MERVAL (Argentina)	0	3.5		1	0.5	
		12	3.5		0.5	6
IBVC (Venezuela)	0	0		1.5	0	
		0	0		0	0

\* Valor mínimo = 0 (el procedimiento conduce a ineficiencia desde las cuatro pruebas)

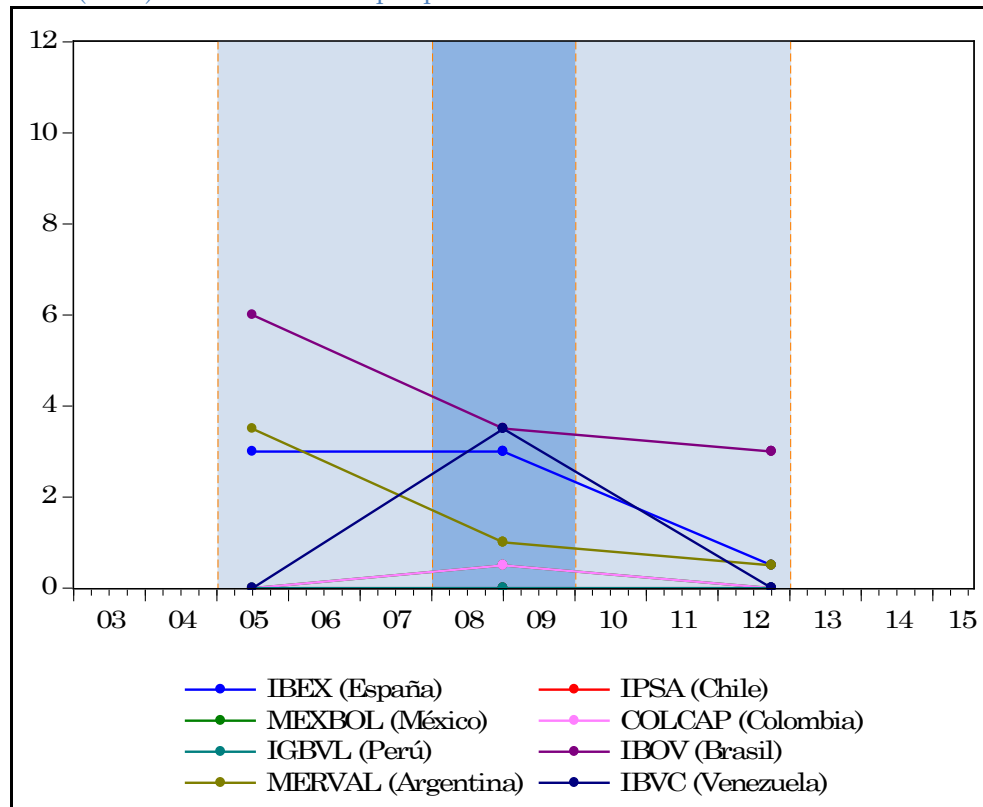
Valor máximo = 12 (el procedimiento conduce a RW1 desde las cuatro pruebas)

**Fuente:** elaboración propia

Atendiendo al análisis por sub-períodos, se puede afirmar que los casos en los que se manifiesta mayor grado de eficiencia se concentran en su mayoría en los sub-períodos de pre-crisis. Si bien, tan solo merece la pena destacar los casos de los mercados argentino y brasileño en el primer y segundo sub-período de post-crisis, respectivamente, ya que en

ellos se produce el mayor grado de eficiencia posible (valor 12). Para el resto de casos, salvo Brasil en el primer sub-período, ninguno de los otros mercados supera el valor 4, resultando muy poco eficientes.

**Gráfico 8.19:** Evolución del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en cada mercado por períodos



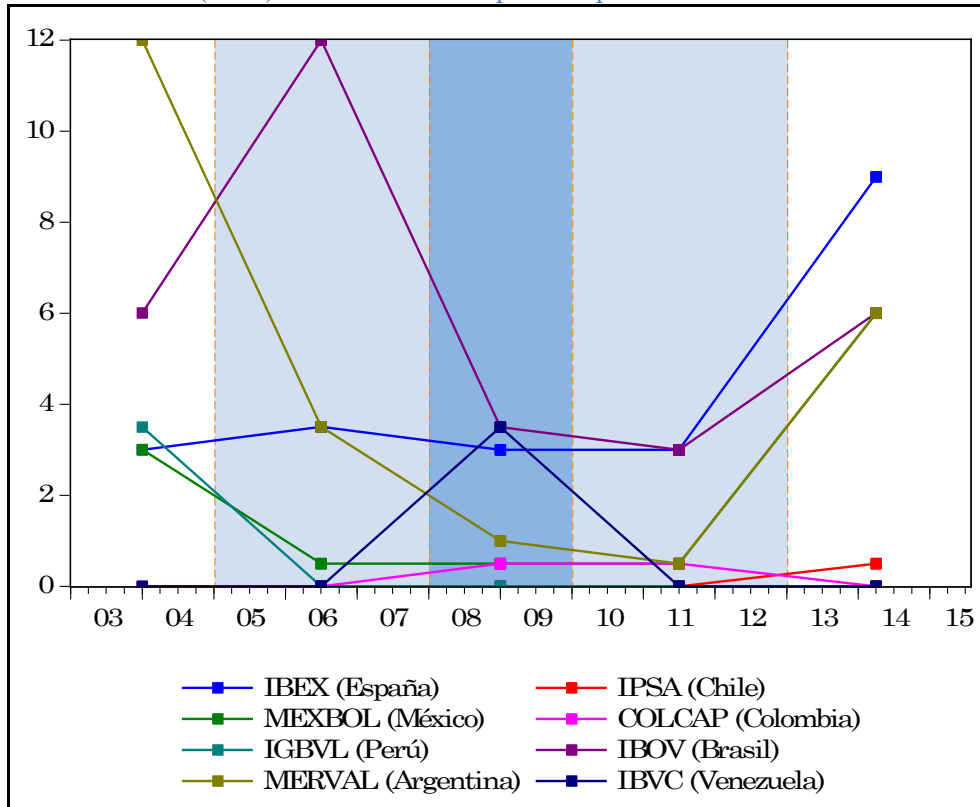
Fuente: elaboración propia

Por su parte, del análisis de los sub-períodos de post-crisis cabe destacar como se mantiene la recuperación, ya citada con anterioridad, de la eficiencia en mercados como los de Brasil, México, Argentina y España, siendo más acusada en éste último (llega a alcanzar el valor 8 en el segundo sub-período). El resto de mercados se pueden considerar ineficientes en los sub-períodos de post-crisis al no superar en ningún caso el valor 0'5.

Al igual que los análisis anteriores, éste último puede verse de forma más clara en el gráfico 8.20 (las curvas del grado de eficiencia de Brasil, España, Argentina y México se muestra, en general, por encima

de las curvas de los demás países, siendo mayor la distancia en pre-crisis y post-crisis.

**Gráfico 8.20:** Evolución del grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (RW1) en cada mercado por sub-períodos



Fuente: elaboración propia





## CONCLUSIONES

---

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación y de acuerdo con los objetivos planteados, extraemos las conclusiones que se indican a continuación:

- Del análisis de la influencia de la crisis financiera internacional de 2008 en el cumplimiento de la hipótesis de eficiencia en su forma débil en los mercados objeto de estudio se puede concluir que los efectos que la citada crisis ha tenido en la eficiencia son, en general, negativos, es decir, en la gran mayoría de los mercados analizados dicho grado de eficiencia se ve disminuido con la llegada de la crisis. Ahora bien, este efecto es más evidente en unos mercados que en otros (la eficiencia del mercado argentino es la que más disminuye durante la crisis seguida de la de los mercados brasileños, mexicano y español).

Considerando la dependencia económica que cada uno de estos países tuviese con economías de referencia como Estados Unidos o China, en lo que se refiere a las exportaciones, la repercusión negativa de la crisis financiera se reflejaría en mayor o menor

medida en los mercados financieros en cuestión en función del citado grado de dependencia.

- Los mercados cuyo grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil se ve más reducido como consecuencia de la crisis (argentino, brasileño, mexicano y español) son precisamente los que experimentan un incremento mayor después de la misma (concretamente en el segundo sub-período de la post-crisis).

Según los expertos, en los mercados latinoamericanos y, en particular, en los tres citados, se produce un crecimiento económico continuado tras la crisis, posiblemente como consecuencia del traslado de capitales provenientes de países desarrollados que invertirían en dichos mercados, por un lado, con la intención de diversificar sus riesgos y, por otro, con la de obtener la mayor rentabilidad que normalmente suelen ofrecer los mercados emergentes. Todo ello provoca un incremento del volumen de negociación en los mercados mercado, lo cual induce a los gobiernos correspondientes a plantear reformas que permitan controlar las “reglas del juego”. En concreto, cabría mencionar la reforma del sistema financiero argentino acaecida el 6 de abril de 2012, la cual supondría que todas las empresas que cotizan en el mercado bursátil lo hagan al amparo de un sistema de oferta pública en pro de una mayor transparencia informativa. Por otro lado, las características que diferencian al mercado brasileño de otros mercados emergentes, en lo que a solidez de su economía se refiere, permite que éste sea el principal receptor de inversión extranjera en Latinoamérica, lo que hace que muchos autores apunten el hecho de que el citado mercado está en una fase de madurez y de ahí provendría su mayor eficiencia. En cuanto al mercado mexicano, al ser productor de bienes industriales que compiten

directamente con los provenientes del mercado asiático y tener como destino principal de sus exportaciones Estados Unidos, en los últimos años se habría visto favorecido, tanto por la fortaleza que dicho mercado ha venido recuperando, así como por la depreciación del peso mexicano que supondría un aumento en la competitividad de sus precios. Por último, cabe decir que la mejora de la eficiencia en el mercado español podría haber venido de la mano del rescate financiero anunciado por el ministro de Guindos el 9 de junio de 2012, lo que originaría una recuperación de la confianza en el mercado español que pasó, tal como señalan los expertos, de verse expulsado de los mercados internacionales, a ser uno de los destinos preferidos por los inversores.

- Los resultados ponen de manifiesto que la división del período muestral completo en períodos y sub-períodos incrementa, en general, el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil.
- El procedimiento propuesto permite realmente contrastar el tipo de paseo aleatorio, 1 ó 3, combinando métodos lineales y no lineales, resolviendo así la limitación que los primeros y algunos de los segundos tienen cuando se aplican de forma individual, pues solo contrastan una condición necesaria, pero no suficiente, de alguno de los tipos de paseo aleatorio.
- Del análisis de la evolución de los mercados se concluye que la crisis provoca una caída bursátil que se manifiesta en todos los índices (salvo en el mercado venezolano) ocasionando en el período correspondiente una mayor volatilidad.

Considerando que el desarrollo económico de la mayoría de los países latinoamericanos está intrínsecamente relacionado con el de otras economías como las asiáticas o norteamericanas de las que, por un lado, son proveedores de materias primas al ser exportadores y, por otro, son receptores de su inversión extranjera, es lógico que la caída de cualquiera de los gigantes origine en ellos consecuencias devastadoras. Por su parte, la política proteccionista llevada a cabo por el gobierno venezolano hasta 2011, quizá sea la explicación de que dicho mercado no se vea arrastrado por la influencia de los acontecimientos desatados con la crisis de las *hipotecas subprimes*.

- El mercado que, en general, presenta el mayor grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil (en la forma que establece el paseo aleatorio 1 ó 3) de acuerdo con el procedimiento y la escala de valoración propuestos, es el brasileño, seguido del español y el argentino. A continuación se sitúa el mercado mexicano y un nivel inferior se encuentran los demás.

De nuevo Brasil presenta el mayor grado de eficiencia seguido de España y Argentina cuando se analiza la forma más estricta de la eficiencia débil que establece el paseo aleatorio tipo 1. El resto de mercados, en este caso, resultan prácticamente ineficientes.

Junto con el mercado español, los mercados financieros latinoamericanos que presentan un mayor grado de eficiencia son los de las economías más consolidadas: Brasil (que encabeza los países que forman el *BRIC* siendo, además, la segunda potencia económica en el continente americano), Argentina (que constituye uno de los mercados más cotizados por inversores extranjeros) y México. En general, estos países se caracterizan por un mayor dinamismo económico, y en el funcionamiento de sus mercados

bursátiles apuestan por una mayor transparencia en pro de facilitar a todos los agentes financieros escenarios donde predomine la igualdad de condiciones para llevar a cabo cualquier transacción.

- Los mercados más ineficientes son el venezolano y el chileno, tal vez por las características diferentes que presentan en comparación con el resto de mercados analizados. Tales características pueden ser su bajo volumen de negociación, su valor de capitalización ó las políticas mas proteccionistas llevadas a cabo por sus respectivos gobiernos.
- Se podría atribuir una mejora general de eficiencia en los mercados financieros a factores relacionados con la globalización de dichos mercados, tales como la innovación tecnológica (que incluye informática y telecomunicaciones), el interés creciente de agentes por la adquisición de valores extranjeros que permitan la diversificación de sus carteras de inversión, la eliminación de los controles cambiarios y de las trabas a los flujos de capitales por las tendencias políticas de liberalización de los mercados financieros, así como la aparición de productos financieros que suponen mayor cobertura para el inversor.

Finalmente, del presente trabajo surgen varias líneas de investigación futuras que se pueden clasificar en dos tipos según que se deriven de la parte estadística de la tesis o de la parte económico-financiera de la misma.

En relación con la primera, se plantean las siguientes líneas:

- Mejorar el procedimiento de contrastación de la hipótesis de eficiencia débil propuesto en este trabajo ponderando los métodos implicados en el mismo de acuerdo con su potencia. Dicha potencia se podría analizar mediante un estudio Monte Carlo.
- Estudiar el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en los diferentes mercados mediante técnicas de análisis multivariante.

De la parte económica y financiera de la tesis emanan las siguientes líneas de investigación:

- Analizar la influencia de la crisis financiera en el grado de cumplimiento de la hipótesis de eficiencia débil en otros mercados como los europeos, norteamericanos y asiáticos.
- Analizar, haciendo uso de la misma metodología utilizada en este trabajo, la influencia que sobre los mercados financieros internacionales puedan tener otros acontecimientos importantes (como puede ser el reciente caso de la caída de la moneda china).

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Agrawal, A., & Tandon, K. (1994). Anomalies or illusions? Evidence from stock markets in eighteen countries. *Journal of international Money and Finance*, 13(1), 83-106.
- Alagidede, P. (2011). Return behaviour in Africa's emerging equity markets. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 51(2), 133-140.
- Alexander, S. (1961). Prices Movements in Speculative Markets: Trends or Random Walks. *Industrial Management Review* (2), 7-26.
- Alexander, S. (1964). Prices Movements in Speculative Markets: Trends or Random Walks, No.2 in P. Cootner (ed.); *The Random Character of Stock Market Prices*, Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge, MA.
- Alexeev, V. & Tapon, F. (2011). Testing weak form efficiency on the Toronto Stock Exchange. *Journal of Empirical Finance*, 18(4), 661-691.

- Al-Hajieh, H., Redhead, K., & Rodgers, T. (2011). Investor sentiment and calendar anomaly effects: A case study of the impact of Ramadan on Islamic Middle Eastern markets. *Research in International Business and Finance*, 25(3), 345-356.
- Alvarez-Ramirez, J. & Escarela-Perez, R. (2010). Time-dependent correlations in electricity markets. *Energy Economics*, 32(2), 269-277.
- Al Janabi, M. A., Hatemi-J, A., & Irandoust, M. (2010). An empirical investigation of the informational efficiency of the GCC equity markets: evidence from bootstrap simulation. *International Review of Financial Analysis*, 19(1), 47-54.
- Ammermann, P. A., & Patterson, D. M. (2003). The cross-sectional and cross-temporal universality of nonlinear serial dependencies: evidence from world stock indices and the Taiwan Stock Exchange. *Pacific-Basin Finance Journal*, 11(2), 175-195.
- Anderson, R. L. (1942). Distribution of the serial correlation coefficient. *The Annals of Mathematical Statistics*, 13(1), 1-13.
- Ansari, T., Kumar, M., Shukla, A., Dhar, J. & Tiwari, R. (2010). Sequential combination of statistics, econometrics and Adaptive Neural-Fuzzy Interface for stock market prediction. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 5116-5125.
- Appiah-Kusi, J., & Menyah, K. (2003). Return predictability in African stock markets. *Review of Financial Economics*, 12(3), 247-270.
- Ariel, R. A. (1987). A monthly effect in stock returns. *Journal of Financial Economics*, 18(1), 161-174.



- Bachelier, L. (1900). Théorie de la Spéculation. In *Annales Scientifiques de l'E.N.S.*, 3<sup>e</sup> série tome 17, p. 21–86.
- Bailey, R. E. (2005). *The economics of financial markets*. Cambridge University Press.
- Ball, R. (1978). Anomalies in relationships between securities' yields and yield-surrogates. *Journal of Financial Economics*, 6(2), 103-126.
- Banz, R. W. (1981). The relationship between return and market value of common stocks. *Journal of financial economics*, 9(1), 3-18.
- Bartlett, M. S. (1946). On the theoretical specification and sampling properties of autocorrelated time-series. *Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society*, 27-41.
- Basarrate, B. (1988). El efecto tamaño y la imposición sobre dividendos y ganancias de capital. *Investigaciones Económicas*, 12(2), 225-242.
- Basarrate, B. & Rubio, G. (1990). A note on the seasonality in the risk-return relationship. *Investigaciones económicas*, 14(2), 311-318.
- Barrasate, B. & Rubio, G. (1994). La imposición sobre plusvalías y minusvalías: sus efectos sobre el comportamiento estacional del mercado de valores. *Revista Española de Economía*, 11(2), 247-277.
- Bastos, J. A., & Caiado, J. (2011). Recurrence quantification analysis of global stock markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(7), 1315-1325.
- Basu, S. (1983). The relationship between earnings' yield, market value and return for NYSE common stocks: Further evidence. *Journal of financial economics*, 12(1), 129-156.

- Bekaert, G., Erb, C., Harvey, C. R., & Viskanta, T. E. (1997). What matters for emerging equity market investments. *Emerging markets quarterly*, 1(2), 17-46.
- Bekiros, S. D. (2010). Fuzzy adaptive decision-making for boundedly rational traders in speculative stock markets. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 285-293.
- Bermúdez, C. (2014). La racionalidad en la formación de expectativas. Crítica de la hipótesis de expectativas racionales. *Revista de economía institucional*, 16(30), 83-97.
- Bley, J. (2011). Are GCC stock markets predictable?. *Emerging Markets Review*, 12(3), 217-237.
- Bowman, R. G., & Iverson, D. (1998). Short-run overreaction in the New Zealand stock market. *Pacific-Basin Finance Journal*, 6(5), 475-491.
- Box, G. E., & Pierce, D. A. (1970). Distribution of residual autocorrelations in autoregressive-integrated moving average time series models. *Journal of the American statistical Association*, 65(332), 1509-1526.
- Box, G. E. P. and Jenkins, G.M. (1970). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-Day, San Francisco
- Box, G. E., & Jenkins, G. M. (1976). *Time series analysis: forecasting and control, revised ed.* Holden-Day.
- Box, G. E., Jenkins, G. M. And Reinsel, G. C. (2008). *Time series analysis: forecasting and control*. Fourth Edition, Jhon Wiley & Sons, New Jersey

- Brock, W. A., Decher, W., & Scheinkman, J. (1987). A test for independence based on the correlation dimension. *University of Wisconsin at Madison*.
- Brock, W., Lakonishok, J., & LeBaron, B. (1992). Simple technical trading rules and the stochastic properties of stock returns. *Journal of finance*, 1731-1764.
- Brown, R. (1828). A brief account of microscopical observations: Made in the months of June, July, and August, 1827, on the particles contained in the pollen of plants; and on the general existence of active molecules in organic and inorganic bodies, It was reprinted shortly thereafter, appearing in the Edinburgh new Philosophical Journal (pp. 358–371, July–September, 1828) and numerous other journals (Mabberley).
- Buguk, C., & Brorsen, B. W. (2003). Testing weak-form market efficiency: Evidence from the Istanbul Stock Exchange. *International Review of Financial Analysis*, 12(5), 579-590.
- Busse, J. A., & Green, T. C. (2002). Market efficiency in real time. *Journal of Financial Economics*, 65(3), 415-437.
- Cajueiro, D. O., & Tabak, B. M. (2004). Evidence of long range dependence in Asian equity markets: the role of liquidity and market restrictions. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 342(3), 656-664.
- Campbell, J. Y., Lo, A. W., and Mackinley, A. C. (1997). *The econometrics of financial markets* (Vol. I). Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

- Caraiani, P. (2012). Nonlinear dynamics in CEE stock markets indices. *Economics Letters*, 114(3), 329-331.
- Cardano, G. (c. 1564), *Liber de Ludo Aleae*. First published (in Latin) in Vol. 1, *Opera Omnia* edited by Charles Spon, Lyons, 1663. Translated into English by Sydney Henry Gould in *Cardano: The Gambling Scholar* by Oystein Ore, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1953. Reprinted in *The Book on Games of Chance*, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1961.
- Chan, L. K., Hamao, Y., & Lakonishok, J. (1991). Fundamentals and stock returns in Japan. *The Journal of Finance*, 46(5), 1739-1764.
- Chan, W. S., Lo, H. W., & Cheung, S. H. (1999). Return transmission among stock markets of Greater China. *Mathematics and computers in simulation*, 48(4), 511-518.
- Charles, A. (2010). The day-of-the-week effects on the volatility: The role of the asymmetry. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 143-152.
- Chauvet, M. & Potter, S. (2000). Coincident and leading indicators of the stock market. *Journal of Empirical Finance*, 7(1), 87-111.
- Chen, C. W., Gerlach, R., & Liu, F. C. (2011). Detection of structural breaks in a time-varying heteroskedastic regression model. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 141(11), 3367-3381.
- Chen, C. W., Huang, C. S., & Lai, H. W. (2009). The impact of data snooping on the testing of technical analysis: An empirical study of Asian stock markets. *Journal of Asian Economics*, 20(5), 580-591.

- Cheng, H. M., & Ying, K. C. (2009). Testing the significance of solar term effect in the Taiwan stock market. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 6140-6144.
- Cheong, C. W., Nor, A. H. S. M., & Isa, Z. (2007). Asymmetry and long-memory volatility: Some empirical evidence using GARCH. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 373, 651-664.
- Chong, T. T., Lam, T. H., & Yan, I. K. (2012). Is the Chinese stock market really inefficient?. *China Economic Review*, 23(1), 122-137.
- Chow, K. V., & Denning, K. C. (1993). A simple multiple variance ratio test. *Journal of Econometrics*, 58(3), 385-401.
- Chuang, W. I., Liu, H. H., & Susmel, R. (2012). The bivariate GARCH approach to investigating the relation between stock returns, trading volume, and return volatility. *Global Finance Journal*, 23(1), 1-15.
- Claessens, S., Dasgupta, S., & Glen, J. (1995). Return behaviour in emerging stock markets. *World Bank Economic Review*, 9, 131-152.
- Coakley, J., & Fuertes, A. M. (2006). Valuation ratios and price deviations from fundamentals. *Journal of Banking & Finance*, 30(8), 2325-2346.
- Conrad, J., & Kaul, G. (1988). Time-variation in expected returns. *Journal of business*, 409-425.
- Constantinides, G. M. (1984). Optimal stock trading with personal taxes: Implications for prices and the abnormal January returns. *Journal of Financial Economics*, 13(1), 65-89.

- Cont, R. (2001). Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues. *Quantitative Finance*, (1), 223-236
- Couillard, M. & Davison, M. (2005). A comment on measuring the Hurst exponent of financial time series. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 348, 404-418.
- Cowles 3rd, A. (1933). Can stock market forecasters forecast? *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1, 309-324.
- Cowles, A. (1944). Stock market forecasting. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 206-214.
- Cowles 3rd, A., & Jones, H. E. (1937). Some a posteriori probabilities in stock market action. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, 5(3), 280-294.
- Cox, J. C., & Ross, S. A. (1976). The valuation of options for alternative stochastic processes. *Journal of financial economics*, 3(1), 145-166.
- Cross, F. (1973). The behavior of stock prices on Fridays and Mondays. *Financial analysts journal*, 29(6), 67-69.
- Davidson, J. (1994). *Stochastic Limit Theory: An Introduction for Econometricians: An Introduction for Econometricians*. Oxford university press.
- Day, T. E. & Wang, P. (2002). Dividends, nonsynchronous prices, and the returns from trading the Dow Jones Industrial Average. *Journal of Empirical Finance*, 9(4), 431-454.
- de Andrés, J. (2006). Los efectos "enero" y "cambio de año" en los mercados españoles de renta fija a medio y largo plazo. *Boletín económico de ICE, Información Comercial Española*, (2873), 51-64.

- de Andrés, J. (1994). Los efectos "enero" y "cambio de año" en los mercados españoles de renta fija a medio y largo plazo. *Decisiones Financieras Empresariales*, 134-147.
- Delfiner, M. T. (2002). *Comportamiento de los precios de las acciones en el mercado bursátil argentino (un estudio comparativo)* (No. 215). Serie Documentos de Trabajo, Universidad del CEMA: Área: finanzas.
- DePenya, F. J. & Gil-Alana, L. A. (2007). Serial correlation in the Spanish stock market. *Global Finance Journal*, 18(1), 84-103.
- Dickinson, J. P., & Muragu, K. (1994). Market efficiency in developing countries: A case study of the Nairobi Stock Exchange. *Journal of Business Finance & Accounting*, 21(1), 133-150.
- Dicle, M. F., Beyhan, A., & Yao, L. J. (2010). Market efficiency and international diversification: Evidence from India. *International Review of Economics & Finance*, 19(2), 313-339.
- Dicle, M. & Levendis, J. (2011). Greek market efficiency and its international integration. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 21(2), 229-246
- Doyle, J. R., & Chen, C. H. (2012). A multidimensional classification of market anomalies: Evidence from 76 price indices. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 22(5), 1237-1257.
- Doyle, J. R., & Chen, C. H. (2013). Patterns in stock market movements tested as random number generators. *European Journal of Operational Research*, 227(1), 122-132

- Dryden, M. M. (1970). A statistical study of UK share prices. *Scottish Journal of Political Economy*, 17(3), 369-389.
- Easley, D., Kiefer, N. M., & O'Hara, M. (1997). The information content of the trading process. *Journal of Empirical Finance*, 4(2), 159-186.
- Edwards, Robert D. and John Magee, *Technical Analysis of Stock Trends*, Springfield, MA: John Magee, 1966.
- Ellis, C. A., & Parbery, S. A. (2005). Is smarter better? A comparison of adaptive, and simple moving average trading strategies. *Research in International Business and Finance*, 19(3), 399-411.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 50, 987-1007.
- Errunza, V. R., & Losq, E. (1985). The behavior of stock prices on LDC markets. *Journal of Banking & Finance*, 9(4), 561-575.
- Esfahanipour, A., & Mousavi, S. (2011). A genetic programming model to generate risk-adjusted technical trading rules in stock markets. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8438-8445.
- Fama, E. F. (1965). The behavior of stock-market prices. *Journal of business*, 34-105.
- Fama, E. 1965b. "Random Walks in Stock Market Prices", *Financial Analysts Journal*, v. 21, 55-59. Republicado en 1995, 75-80.
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work\*. *The journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Fama, E. F. (1991). Efficient capital markets: II. *The journal of finance*, 46(5), 1575-1617.



- Fama, E. F., & French, K. R. (1995). Size and book-to-market factors in earnings and returns. *The Journal of Finance*, 50(1), 131-155.
- Fernandez, V. (2010). Commodity futures and market efficiency: A fractional integrated approach. *Resources Policy*, 35(4), 276-282.
- Fernández-Rodríguez, F., Sosvilla-Rivero, S., & García-Artiles, M. D. (1999). Dancing with bulls and bears: Nearest-neighbour forecasts for the Nikkei index. *Japan and the World Economy*, 11(3), 395-413.
- Fernández, F. & González, C. (2000). Optimización De Reglas Técnicas En El IGBM Usando Algoritmos Genéticos. *Anales de Economía Aplicada*. Oviedo: ASEPELT-España.
- Ferreira, E. J., & Brooks, L. D. (1999). Evidence on equity private placements and going-out-of-business information release. *Journal of economics and business*, 51(5), 377-394.
- Fields, M. J. (1931). Stock prices: a problem in verification. *Journal of Business of the University of Chicago*, 415-418.
- Fifield, S. G., & Jetty, J. (2008). Further evidence on the efficiency of the Chinese stock markets: A note. *Research in International Business and Finance*, 22(3), 351-361.
- Finnerty, J. E. (1976). Insiders and market efficiency. *The Journal of Finance*, 31(4), 1141-1148.
- Fisher, L. (1966). Some new stock-market indexes. *Journal of Business*, 191-225.
- Franke, J., Härdle, W. K., & Hafner, C. M. (2008). *Statistics of financial markets: an introduction*. Springer Science & Business Media.

- French, K. R. (1980). Stock returns and the weekend effect. *Journal of financial economics*, 8(1), 55-69.
- Frennberg, P., & Hansson, B. (1993). Testing the random walk hypothesis on Swedish stock prices: 1919–1990. *Journal of Banking & Finance*, 17(1), 175-191.
- Garfinkel, J. A. (1997). New evidence on the effects of federal regulations on insider trading: the Insider Trading and Securities Fraud Enforcement Act (ITSFEA). *Journal of Corporate Finance*, 3(2), 89-111.
- Gaunt, C. (2000). Overreaction in the Australian equity market: 1974–1997. *Pacific-Basin Finance Journal*, 8(3), 375-398.
- Gencay, R. (1998). The predictability of security returns with simple technical trading rules. *Journal of Empirical Finance*, 5(4), 347-359.
- Gibson, G. R. (1888). *The stock exchanges of London, Paris, and New York: a comparison*. GP Putnam. En el texto pone 1889
- Givoly, D., & Palmon, D. (1985). Insider trading and the exploitation of inside information: Some empirical evidence. *Journal of business*, 69-87.
- Gómez Ocampo, C. (2012). *Validación de la hipótesis de los mercados eficientes en su nivel semifuerte aplicada al mercado accionario colombiano, a través de la metodología de estudio de eventos* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Gómez-Bezares, F., Madariaga, J. A., & Ugarte, J. V. (1988). La eficiencia en el mercado bursátil español. *Actualidad financiera*, 42, 2238-2250.

- Granero, M. S., Segovia, J. T., & Pérez, J. G. (2008). Some comments on Hurst exponent and the long memory processes on capital markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(22), 5543-5551.
- Granger, C. W. (1992). Forecasting stock market prices: Lessons for forecasters. *International Journal of Forecasting*, 8(1), 3-13.
- Grassberger, P., & Procaccia, I. (1983). Characterization of strange attractors. *Physical review letters*, 50(5), 346.
- Grieb, T. & Reyes, M. G. (1999). Random walk tests for Latin American equity indexes and individual firms. *Journal of Financial Research*, 22(4), 371-383.
- Groenewold, N. (1997). Share market efficiency: tests using daily data for Australia and New Zealand. *Applied Financial Economics*, 7(6), 645-657.
- Groenewold, N., Tang, S. H. K., & Wu, Y. (2003). The efficiency of the Chinese stock market and the role of the banks. *Journal of Asian Economics*, 14(4), 593-609.
- Groenewold, N., Tang, S. H. K., & Wu, Y. (2008). The profitability of regression-based trading rules for the Shanghai stock market. *International Review of Financial Analysis*, 17(2), 411-430.
- Grossman, S. J., & Stiglitz, J. E. (1980). On the impossibility of informationally efficient markets. *The American economic review*, 70(3), 393-408.

- Gu, G. F., Ren, F., Ni, X. H., Chen, W., & Zhou, W. X. (2010). Empirical regularities of opening call auction in Chinese stock market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 389(2), 278-286.
- Guardia, G. (2005). Eficiencia y gobierno corporativo en los mercados de valores latinoamericanos. *CESLA-Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima*.
- Gultekin, M. N., & Gultekin, N. B. (1983). Stock market seasonality: International evidence. *Journal of Financial Economics*, 12(4), 469-481.
- Gupta, R., & Modise, M. P. (2013). Macroeconomic variables and South African stock return predictability. *Economic Modelling*, 30, 612-622.
- Harrison, J. M., & Kreps, D. M. (1979). Martingales and arbitrage in multiperiod securities markets. *Journal of Economic theory*, 20(3), 381-408.
- Hasan, T., Kadapakkam, P. R. & Ma, Y. (2004). Tests of random walk for Latin American stock markets: Additional evidence. *Latin American Business Review*, 4(2), 37-53.
- Hess, M. (2003). What drives Markov regime-switching behavior of stock markets? The Swiss case. *International Review of Financial Analysis*, 12(5), 527-543.
- Hinich, M. J., Mendes, E. M. and Stone. L. (2005). *A comparison between standard bootstrap and Theiler's surrogate methods*, Austin: University of Texas in Austin

- Ho, K. Y., Zheng, L. & Zhang, Z. (2012). Volume, volatility and information linkages in the stock and option markets. *Review of Financial Economics*, 21(4), 168-174.
- Holden, K., Thompson, J., & Ruangrit, Y. (2005). The Asian crisis and calendar effects on stock returns in Thailand. *European Journal of Operational Research*, 163(1), 242-252.
- Hong, Y., Lin, H. & Wu, C. (2012). Are corporate bond market returns predictable?. *Journal of Banking & Finance*, 36(8), 2216-2232.
- Hoque, H. A., Kim, J. H., & Pyun, C. S. (2007). A comparison of variance ratio tests of random walk: A case of Asian emerging stock markets. *International Review of Economics & Finance*, 16(4), 488-502.
- Hudson, R., Dempsey, M., & Keasey, K. (1996). A note on the weak form efficiency of capital markets: The application of simple technical trading rules to UK stock prices-1935 to 1994. *Journal of Banking & Finance*, 20(6), 1121-1132.
- Hung, J. C. (2009). Deregulation and liberalization of the Chinese stock market and the improvement of market efficiency. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 49(3), 843-857.
- Jaffe, J. F. (1974a). Special information and insider trading. *Journal of business*, 410-428
- Jaffe, J. F. (1974b). The effect of regulation changes on insider trading. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 93-121.
- Jayasinghe, P., & Tsui, A. K. (2008). Exchange rate exposure of sectoral returns and volatilities: Evidence from Japanese industrial sectors. *Japan and the World Economy*, 20(4), 639-660.

- Jensen, M. C. (1978). Some anomalous evidence regarding market efficiency. *Journal of financial economics*, 6(2), 95-101.
- Jiang, J., Ma, K., & Cai, X. (2007). Non-linear characteristics and long-range correlations in Asian stock markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 378(2), 399-407.
- Joseph, N. L. (2003). Predicting returns in US financial sector indices. *International journal of forecasting*, 19(3), 351-367.
- Kaldor, N. (1961). *Capital accumulation and economic growth* (pp. 177-222). Macmillan.
- Kaminsky, G. L., & Schmukler, S. L. (1999). What triggers market jitters?: A chronicle of the Asian crisis. *Journal of international money and Finance*, 18(4), 537-560.
- Kang, S. H., Cheong, C., & Yoon, S. M. (2010). Long memory volatility in Chinese stock markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 389(7), 1425-1433.
- Kasman, A., & Kasman, S. (2008). The impact of futures trading on volatility of the underlying asset in the Turkish stock market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(12), 2837-2845.
- Kasman, A., Kasman, S. & Torun, E. (2009). Dual long memory property in returns and volatility: Evidence from the CEE countries' stock markets. *Emerging Markets Review*, 10(2), 122-139.
- Keim, D. B. (1983). Size-related anomalies and stock return seasonality: Further empirical evidence. *Journal of Financial Economics*, 12(1), 13-32.

- Kendall, M. G. (1953). The analysis of economic time-series-part I: Prices. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 116(1), 11-34.
- Keynes, J. M. (1923), Some aspects of commodity markets, *Manchester Guardian Commercial: European Reconstruction Series* pp.784–786. Section 13. 29 March 1923. Reprinted in *The Collected Writings of John Maynard Keynes*, Volume XII, London: Macmillan, 1983.
- Keynes, J. M. (1964). *The general theory of interest, employment and money*. London: Harcourt Brace Jovanovich (reprint of the 1936 edition)
- Khan, W. & Vieito, J. P. (2012). Stock exchange mergers and weak form of market efficiency: The case of Euronext Lisbon. *International Review of Economics & Finance*, 22(1), 173-189.
- Kim, J. H., Shamsuddin, A. & Lim, K. P. (2011). Stock return predictability and the adaptive markets hypothesis: Evidence from century-long US data. *Journal of Empirical Finance*, 18(5), 868-879.
- Kohers, T., Pandey, V. & Kohers, G. (1997). Using nonlinear dynamics to test for market efficiency among the major US stock exchanges. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 37(2), 523-545.
- Kuhn, T. S. (2012). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago. University of Chicago press.
- Kumar Narayan, P. (2005). Are the Australian and New Zealand stock prices nonlinear with a unit root?. *Applied Economics*, 37(18), 2161-2166.

- Lakonishok, J., & Smidt, S. (1988). Are seasonal anomalies real? A ninety-year perspective. *Review of Financial Studies*, 1(4), 403-425.
- Lao, P., & Singh, H. (2011). Herding behaviour in the Chinese and Indian stock markets. *Journal of Asian Economics*, 22(6), 495-506.
- Lee, C. C., Lee, J. D., & Lee, C. C. (2010). Stock prices and the efficient market hypothesis: Evidence from a panel stationary test with structural breaks. *Japan and the world economy*, 22(1), 49-58.
- Lee, J. W., Park, J. B., Jo, H. H., Yang, J. S., & Moon, H. T. (2009). Minimum entropy density method for the time series analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 388(2), 137-144.
- Lehmann, B. N. (1988). *Fads, martingales, and market efficiency* (No. w2533). National Bureau of Economic Research. En el texto pone 1889
- Lehmann, B. (1990). Fads, Martingales, and Market Efficiency. *The Quarterly Journal of Economics*, 105(1), 1-28
- LeRoy, S. F. (1973). Risk aversion and the martingale property of stock prices. *International Economic Review*, 436-446.
- LeRoy, S. F. (1989). Efficient capital markets and martingales. *Journal of Economic Literature*, 27, 1583-1621.
- Lévy, P. (1925). *Calcul des probabilités*, Gauthier -Villers. París
- Lévy, P. (1929). Sur les lois de probabilité dont dépendent les quotients complets et incomplets d'une fraction continue. *Bulletin de la Société mathématique de France*, 57, 178-194.



- Lévy, P. (1935). Propriétés asymptotiques des sommes de variables aléatoires enchainées. *Bull Sci. Math*, 84-96.
- Lim, K. P., & Brooks, R. D. (2009). Price limits and stock market efficiency: Evidence from rolling bivariate test statistic. *Chaos, Solitons & Fractals*, 40(3), 1271-1276.
- Lim, K. P., Brooks, R. D., & Hinich, M. J. (2008). Nonlinear serial dependence and the weak-form efficiency of Asian emerging stock markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 18(5), 527-544.
- Lim, K. P., Brooks, R. D., & Kim, J. H. (2008). Financial crisis and stock market efficiency: Empirical evidence from Asian countries. *International Review of Financial Analysis*, 17(3), 571-591.
- Lin, E. M., Chen, C. W., & Gerlach, R. (2012). Forecasting volatility with asymmetric smooth transition dynamic range models. *International Journal of Forecasting*, 28(2), 384-399.
- Liu, S. (2007). International cross-listing and stock pricing efficiency: An empirical study. *Emerging Markets Review*, 8(4), 251-263.
- Ljung, G. M., and Box, G. E. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, 65(2), 297-303.
- Lo, A. W., and MacKinlay, A. C. (1988). Stock market prices do not follow random walks: Evidence from a simple specification test. *Review of financial studies*, 1(1), 41-66.
- Lobe, S., & Rieks, J. (2011). Short-term market overreaction on the Frankfurt stock exchange. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 51(2), 113-123.

- Lorie, J. H., & Niederhoffer, V. (1968). Predictive and statistical properties of insider trading. *JL & Econ.*, 11, 35.
- Lu, T. H., Shiu, Y. M., & Liu, T. C. (2012). Profitable candlestick trading strategies—The evidence from a new perspective. *Review of Financial Economics*, 21(2), 63-68.
- Lucas Jr, R. E. (1978). Asset prices in an exchange economy. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 46 (6), 1429-1445.
- Malkiel, B. G. (1989). Is the stock market efficient?. *Science*, 243(4896), 1313-1318.
- Malkiel, B. G. (2003). The efficient market hypothesis and its critics. *Journal of economic perspectives*, 17(1), 59-82.
- Mandelbrot, B. (1960). The Pareto-Levy law and the distribution of income. *International Economic Review*, 1(2), 79-106.
- Mandelbrot, B. (1963a). The variation of certain speculative prices. *Journal of Business*, 36(4), 394–419
- Mandelbrot, B. (1963b). New methods in statistical economics. *Journal of Political Economy*, 71(5), 421-440
- Mandelbrot, B., & Taylor, H. M. (1967). On the distribution of stock price differences. *Operations research*, 15(6), 1057-1062.
- Mansilla, R. (2001). Algorithmic complexity of real financial markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 301(1), 483-492

- Marshall, B. R., Cahan, J. M. & Cahan, R. H. (2006). Is the CRISMA technical trading system profitable?. *Global Finance Journal*, 17(2), 271-281.
- Marshall, B. R., Young, M. R., & Rose, L. C. (2006). Candlestick technical trading strategies: Can they create value for investors?. *Journal of Banking & Finance*, 30(8), 2303-2323.
- Martínez, E. (1993). *Eficiencia débil del mercado bursátil español y comparaciones internacionales*. Editorial Afanias. Estudios Bursátiles, nº 3. Madrid
- Maya, C., & Torres, G. (2004). The unification of the Colombian stock market: A step towards efficiency. *Empirical evidence. Latin American Business*, 5(4), 69-98.
- McKenzie, M. D. (2001). Chaotic behavior in national stock market indices: New evidence from the close returns test. *Global Finance Journal*, 12(1), 35-53.
- Metghalchi, M., Chang, Y., & Marcucci, J. (2008). Is the Swedish stock market efficient? Evidence from some simple trading rules. *International Review of Financial Analysis*, 17(3), 475-490.
- Mishra, R. K., Sehgal, S., & Bhanumurthy, N. R. (2011). A search for long-range dependence and chaotic structure in Indian stock market. *Review of Financial Economics*, 20(2), 96-104.
- Mood, A. M. (1940). The distribution theory of runs. *The Annals of Mathematical Statistics*, 11(4), 367-392.
- Mookerjee, R., & Yu, Q. (1999). An empirical analysis of the equity markets in China. *Review of Financial Economics*, 8(1), 41-60.

- Moore, A. (1962). *The Random Character of Stock Market Prices*. Chapter Some Characteristics of Changes in Common Stock Pices. MIT press
- Moore, A (1962). A Statistical Analysis of Common Stock Prices, unpublished Ph. D. Dissertation, Graduate School of Business, University of Chicago. En esta segunda en el texto la referenciamos como a. No se si poner en una solo el año y en otra a, o por el contrario a y b
- Moreno, D., & Olmeda, I. (2007). Is the predictability of emerging and developed stock markets really exploitable?. *European Journal of Operational Research*, 182(1), 436-454.
- Mulligan, R. F. (2004). Fractal analysis of highly volatile markets: an application to technology equities. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 44(1), 155-179.
- Mulligan, R. F. & Lombardo, G. A. (2004). Maritime businesses: volatile stock prices and market valuation inefficiencies. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 44(2), 321-336.
- Muth, J. F. (1961). Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 315-335.
- Neriz, J. L. (1998). Eficiencia en el mercado de valores Chileno. Tesis doctoral de la Universidad Autónoma de Madrid
- Noe, C. F. (1999). Voluntary disclosures and insider transactions. *Journal of Accounting and Economics*, 27(3), 305-326.

- Officer, R. R. (1975). Seasonality in Australian capital markets: Market efficiency and empirical issues. *Journal of Financial Economics*, 2(1), 29-51.
- Ogden, J. P. (1987). Determinants of the ratings and yields on corporate bonds: Tests of the contingent claims model. *Journal of Financial Research*, 10(4), 329-340.
- Ogden, J. P. (1990). Turn-of-month evaluations of liquid profits and stock returns: a common explanation for the monthly and January effects. *The Journal of Finance*, 45(4), 1259-1272.
- Officer, R. R. (1975). Seasonality in Australian capital markets: Market efficiency and empirical issues. *Journal of Financial Economics*, 2(1), 29-51.
- Ojah, K. & Karemera, D. (1999). Random walks and market efficiency tests of Latin American emerging equity markets: a revisit. *The Financial Review*, 34(2), 57-72
- Olowe, R. A. (1999). Weak form efficiency of the Nigerian stock market: further evidence. *African development review*, 11(1), 54-68.
- Opong, K., Mulholland, G., Fox, A. & Farahmand, K. (1999). The behaviour of some UK equity indices: An application of Hurst and BDS tests. *Journal of Empirical Finance*, 6(3), 267-282.
- Osborne, M. F. (1959). Brownian motion in the stock market. *Operations research*, 7(2), 145-173.
- Pearson, K. (1905). The problem of the random walk. *Nature*, 72(1865), 294.

- Peiró, A. (1993). *Movimientos estacionales en el mercado de acciones español*. Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas. Valencia
- Penman, S. H. (1987). The distribution of earnings news over time and seasonalities in aggregate stock returns. *Journal of Financial Economics*, 18(2), 199-228.
- Penman, S. H. (1991). *Journal of Accounting, Auditing*.
- Penman, S. H. (1996). The Articulation of Price–Earnings Ratios and Market-to-Book Ratios and the Evaluation of Growth (Digest Summary). *Journal of accounting research*, 34(2), 235-59.
- Pesaran, M. H. (2011). Predictability of asset returns and the efficient market hypothesis. In Ullah, A., and Giles, D. E. A (ed.) *Handbook of empirical economics and finance*, 281-312: CRC Press. U.S.
- Phillips, P. C., & Loretan, M. (1990). *Testing covariance stationarity under moment condition failure with an application to common stock returns* (No. 947). Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University. En el texto se referencia como Loretan y Phillips
- Poon, W. P., & Fung, H. G. (2000). Red chips or H shares: which China-backed securities process information the fastest?. *Journal of Multinational Financial Management*, 10(3), 315-343.
- Potvin, J. Y., Soriano, P. & Vallée, M. (2004). Generating trading rules on the stock markets with genetic programming. *Computers & Operations Research*, 31(7), 1033-1047.
- Praetz, P.D. (1973). Analysis of Australian share prices. *Australian Economic Papers*, 20(12), 70-78

- Prather, L. & Bertin, W. J. (1998). The implication of discount rate changes for market timing. *Review of Financial Economics*, 7(1), 21-33.
- Rahman, A., & Saadi, S. (2008). Random walk and breaking trend in financial series: An econometric critique of unit root tests. *Review of Financial Economics*, 17(3), 204-212.
- Raunig, B. (2006). The longer-horizon predictability of German stock market volatility. *International Journal of Forecasting*, 22(2), 363-372.
- Rayleigh, L. (1880), "On the resultant of the large number of variations of the same pitch and of arbitrary phase" 10 *Philosophical Magazine*, 73-78.
- Reinganum, M. R. (1981). Misspecification of capital asset pricing: Empirical anomalies based on earnings' yields and market values. *Journal of financial Economics*, 9(1), 19-46.
- Roberts, H. V. (1959). Stock-Market "Patterns" And Financial Analysis: Methodological Suggestions. *The Journal of Finance*, 14(1), 1-10.
- Roberts, H. V. (1967). Statistical versus clinical prediction of the stock market. Unpublished manuscript.
- Rodríguez, F., & Martel, C. G. (2000). *Optimización de reglas técnicas en el igbm usando algoritmos genéticos* (Doctoral dissertation, Tesis de bachiller Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Oviedo-España).

- Rogalski, R. J. (1984). New findings regarding day-of-the-week returns over trading and non-trading periods: a note. *The Journal of Finance*, 39(5), 1603-1614.
- Roll, R. (1983). Was ist das? The turn-of-the-year effect and the Return Premia of small Firms. *The Journal of Portfolio Management*, 9(2), 18-28.
- Roseff, M., & kinney, W. (1976). Capital market seasonality: the case of stock market returns. *Journal of Financial Economics*, 3, 379-402.
- Rosenberg, B., Reid, K., y R Lanstein (1985) Persuasive evidence of market inefficiency. *Journal of Portfolio management* 11, 9-17
- Rossi, M. (2000). La hipótesis de eficiencia en los mercados de acciones. El caso del Mercado de Valores de Buenos Aires. *Económica*, XLVI(1), 37-69.
- Roux, F. J. P., & Gilbertson, B. P. (1978). The behaviour of share prices on the Johannesburg Stock Exchange. *Journal of Business Finance & Accounting*, 5(2), 223-232.
- Rozeff, M. S. & Kinney, W. R. (1976). Capital market seasonality: The case of stock returns. *Journal of financial economics*, 3(4), 379-402.
- Rubinstein, M. (1976). The valuation of uncertain income streams and the pricing of options. *The Bell Journal of Economics*, 7(2), 407-425.
- Salm, C. A., & Schuppli, M. (2010). Positive feedback trading in stock index futures: International evidence. *International Review of Financial Analysis*, 19(5), 313-322.
- Samuelson, P. A. (1965). Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly. *Industrial management review*, 6(2), 41-49.



- Santesmases, M. (1986). An investigation of the Spanish stock market seasonalities. *Journal of Business Finance & Accounting*, 13(2), 267-276.
- Serletis, A. & Shintani, M. (2003). No evidence of chaos but some evidence of dependence in the US stock market. *Chaos, Solitons & Fractals*, 17(2), 449-454.
- Sewell, M. (2011). Characterization of financial time series. *RN*, 11(01), 01.
- Seyhun, H. N. (1992). Why does aggregate insider trading predict future stock returns. *The Quarterly Journal of Economics*, 1303-1331.
- Seyhun, H. N. (1992). Effectiveness of the Insider-Trading Sanctions, *The. JL & Econ.*, 35, 149.
- Sharma, S. C., & Wongbangpo, P. (2002). Long-term trends and cycles in ASEAN stock markets. *Review of Financial Economics*, 11(4), 299-315.
- Shleifer, A. (2000). *Inefficient markets: An introduction to behavioral finance*: Oxford university press.
- Shleifer, A. (2003). Are Financial Markets Efficient? En A. Shleifer, *Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance*. Oxford University Press.
- Shynkevich, A. (2012). Short-term predictability of equity returns along two style dimensions. *Journal of Empirical Finance*, 19(5), 675-685.
- Siegel, S. and Castellan, N.J. (1988), *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*, 2<sup>nd</sup> Ed., New York, McGraw-Hill.

- Silvapulle, P., & Choi, J. S. (1999). Testing for linear and nonlinear Granger causality in the stock price-volume relation: Korean evidence. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 39(1), 59-76.
- Schwert, G. W. (1989). Why does stock market volatility change over time?. *The journal of finance*, 44(5), 1115-1153.
- Straßburg, J., González, C., & Alexandrov, V. (2012). Parallel genetic algorithms for stock market trading rules. *Procedia Computer Science*, 9, 1306-1313.
- Swoboda, C. (2001). La hipótesis del Random Walk en el mercado de valores de la Argentina: período 1992-2000. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Económicas.
- Tavakoli, M., McMillan, D., & McKnight, P. J. (2012). Insider trading and stock prices. *International Review of Economics & Finance*, 22(1), 254-266.
- Theil, H., & Leenders, C. T. (1965). Tomorrow on the Amsterdam stock exchange. *Journal of Business*, 277-284.
- Tsui, A. K., & Yu, Q. (1999). Constant conditional correlation in a bivariate GARCH model: Evidence from the stock markets of China. *Mathematics and Computers in Simulation*, 48(4), 503-509.
- Urrutia, J. L. (1995). Tests of random walk and market efficiency for Latin American emerging equity markets. *Journal of financial research*, 18(3), 299-309.

- Valdivieso, R. (2004). Validación de la eficiencia y modelo de fijación de precios en el Mercado Mexicano de Valores. *Doctoral Dissertation Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico, DF.*
- Venn, J. (1888). *The Logic of Chance, an Essay on the Foundations and Province of the Theory of Probability with Special References to its Logical Bearings and its Applications to Moral and Social Sciences, and to Statistics*, 3<sup>rd</sup> ed. Macmillan.
- Visaltanachoti, N., & Yang, T. (2010). Speed of convergence to market efficiency for NYSE-listed foreign stocks. *Journal of banking & finance*, 34(3), 594-605.
- Wachtel, S. B. (1942). Certain observations on seasonal movements in stock prices. *Journal of Business of the University of Chicago*, 184-193.
- Wald, A., & Wolfowitz, J. (1940). On a test whether two samples are from the same population. *The Annals of Mathematical Statistics*, 11(2), 147-162.
- Wishart, J., & Hirschfeld, H. O. (1936). A theorem concerning the distribution of joins between line segments. *Journal of the London Mathematical Society*, 1(3), 227-235.
- Working, H. (1934). A random-difference series for use in the analysis of time series. *Journal of the American Statistical Association*, 29(185), 11-24.
- Working, H. (1949). The investigation of economic expectations. *The American Economic Review*, 150-166.

- Working, H. (1953). Futures trading and hedging. *The American Economic Review*, 314-343.
- Working, H. (1958). A theory of anticipatory prices. *The American Economic Review*, 188-199.
- Working, H. (1960). Note on the correlation of first differences of averages in a random chain. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 916-918.
- Wu, P.-S., Huang, C.-M. & Chiu, C.-L. (2011). Effects of structural changes on the risk characteristics of REIT returns. *International Review of Economics & Finance*, 20(4), 645-653.
- Wu, Z., & McERLEAN, S. (2003). Market efficiency in the reformed Chinese grain marketing system. *China Economic Review*, 14(2), 115-130.

# ANEXO DE FUNDAMENTOS TEÓRICOS

---

## A.1. Espacio de probabilidad

A la hora de realizar un experimento aleatorio, el conjunto de posibles resultados que se pueden obtener se denomina *espacio muestral*,  $\Omega$ , y a un subconjunto de  $\Omega$ , *suceso*.

Una familia  $\mathcal{F}$  de subconjuntos de  $\Omega$  es una  $\sigma$ -álgebra si verifica

- (i)  $\Omega \in \mathcal{F}$
- (ii) Si  $A \in \mathcal{F}$  entonces  $A^c \in \mathcal{F}$
- (iii)  $\{\mathcal{F}_n, n \geq 1\} \subset \mathcal{F}$  entonces  $\bigcup_n \mathcal{F}_n \in \mathcal{F}$

A los elementos de una  $\sigma$ -álgebra se les denomina *conjuntos medibles* y al par  $(\Omega, \mathcal{F})$  *espacio medible*.

En el contexto de un espacio medible  $(\Omega, \mathcal{F})$ , toda familia  $\mathcal{A}$  de subconjuntos de  $\Omega$  que sea una  $\sigma$ -álgebra tal que  $\mathcal{A} \subseteq \mathcal{F}$  se denomina

*sub- $\sigma$ -álgebra*. Asimismo, dado un conjunto  $T$  de índices, una sucesión  $\{\mathcal{F}_t : t \in T\}$  de sub- $\sigma$ -álgebras de  $\mathcal{F}$  es una *filtración* si es una sucesión creciente, es decir, si verifica

$$\dots \subseteq \mathcal{F}_{-1} \subset \mathcal{F}_0 \subset \mathcal{F}_1 \subset \dots \subset \mathcal{F}_t \subset \mathcal{F}_{t+1} \subset \dots \subset \mathcal{F}$$

Dada una familia  $\mathcal{G}$  de subconjuntos de  $\Omega$ , se denomina  *$\sigma$ -álgebra generada por  $\mathcal{G}$* , y se denota  $\sigma(\mathcal{G})$ , a la intersección de todas las  $\sigma$ -álgebras que contienen a  $\mathcal{G}$ .

Dado un espacio medible  $(\Omega, \mathcal{F})$ , una *medida de probabilidad* es una función de conjunto  $\mathcal{P}$  definida sobre  $\mathcal{F}$  y que toma valores en el intervalo  $[0,1]$  de los números reales verificando los siguientes axiomas (de Kolmogorov):

- (i)  $\mathcal{P}(A) \geq 0$  para todo  $A \in \mathcal{F}$
- (ii)  $\mathcal{P}(\Omega) = 1$
- (iii) Si  $\{A_n, n \geq 1\}$  es una sucesión de sucesos disjuntos de  $\mathcal{F}$  entonces

$$\mathcal{P}\left(\bigcup_n A_n\right) = \sum_n \mathcal{P}(A_n)$$

A la terna  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathcal{P})$  se le denomina *espacio de probabilidad*.

Un espacio de probabilidad con filtración se denomina *espacio de probabilidad filtrado*.

## A.2. Proceso estocástico y serie temporal

Un *proceso estocástico* es una secuencia de variables aleatorias,  $\{X_t : t \in T\}$  donde  $T$  es algún conjunto de índices, definidas todas en un mismo espacio de probabilidad  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathcal{P})$ . Por tanto, un proceso estocástico se puede ver como una colección de funciones reales definidas sobre el producto cartesiano  $T \times \Omega$ , es decir,

$$X(\cdot, \cdot) : T \times \Omega \longrightarrow \Re$$

de manera que dado un valor concreto  $t_0 \in T$ , la función  $X(t_0, w)$  es una variable aleatoria sobre  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathcal{P})$ , mientras que fijado  $w_0 \in \Omega$ ,  $X(t, w_0)$  es una función real de  $t$  que irá tomando un solo valor para cada índice y se denomina *realización* o *trayectoria* del proceso estocástico.

El proceso estocástico se dice temporal si el conjunto  $T$  representa el tiempo. Asimismo, se califica de discreto o continuo según que  $T$  sea un conjunto numerable o no numerable, respectivamente.

En el contexto de los procesos estocásticos temporales en tiempo discreto, que denotamos  $\{X_t\}$  siguiendo la práctica econométrica, surge el concepto de *serie temporal*: dado un conjunto finito de valores del tiempo  $t_1, t_2, \dots, t_n$  y fijado un punto  $w_0 \in \Omega$ , la sucesión de valores  $X(t_i, w_0) = x_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , recibe el nombre de serie temporal. De una manera más formal, dichas observaciones constituyen una de las infinitas realizaciones de la variable aleatoria  $n$ -dimensional  $(X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_i}, \dots, X_{t_n})$  cuya distribución de probabilidad conjunta es  $F[X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_n}]$  (Box, Jenkins y Reinsel, 2008). Así, la forma de

abordar el análisis estadístico de datos de una serie temporal es considerar a la serie correspondiente a un determinado agregado económico como una de las infinitas realizaciones de un proceso estocástico.



### A.3. Martingala

Sean un proceso estocástico  $\{X_t : t \in \mathbb{T}\}$  y un espacio de probabilidad  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathcal{P})$  filtrado, con filtración  $\{\mathcal{F}_t : t \in \mathbb{T}\}$ . El proceso estocástico se dice *adaptado* con respecto a la filtración  $\{\mathcal{F}_t : t \in \mathbb{T}\}$ , si  $X_t$  es  $\mathcal{F}_t$ -medible para cada  $t$ , es decir, si

$$X_t^{-1}(B) \in \mathcal{F}_t \quad \forall B \text{ de la } \sigma\text{-álgebra de Borel en } \mathfrak{R}$$

y se denota  $\{X_t, \mathcal{F}_t\}_{t \in \mathbb{T}}$ .

En este contexto, el par  $\{X_t, \mathcal{F}_t\}_{t \in \mathbb{T}}$  es una *martingala* si para cada  $t$  se verifica

- (i)  $E[|X_t|] < \infty$
- (ii)  $E[X_t | \mathcal{F}_s] = X_s \quad \forall s, \text{ con } t > s$

Si la condición (ii) se cambia por

$$E[X_t | \mathcal{F}_s] \leq X_s \quad \forall s, \text{ con } t > s$$

se dice que  $\{X_t, \mathcal{F}_t\}_{t \in \mathbb{T}}$  es una *supermartingala*, mientras que si se sustituye por

$$E[X_t | \mathcal{F}_s] \geq X_s \quad \forall s, \text{ con } t > s$$

se dice que es una *submartingala*. Es evidente que el proceso será una martingala si es a la vez una supermartingala y una submartingala.

Si el conjunto  $T$  es numerable y representa el tiempo se habla de martingala con parámetro de tiempo discreto, en cuyo caso la condición (ii) es equivalente a

$$(ii') \quad E[X_{t+1} | \mathcal{F}_t] = X_t \quad \forall t$$

según la cual el mejor pronóstico de  $X_{t+1}$ , dada la información disponible hasta el instante  $t$  (representada por  $\mathcal{F}_t$ ) es justamente el valor más reciente,  $X_t$ . En realidad, la condición (ii') se puede generalizar, pues para  $k \geq 1$  se verifica

$$\begin{aligned} E[X_{t+k} | \mathcal{F}_t] &= E[E[X_{t+k} | \mathcal{F}_{t+k-1}] | \mathcal{F}_t] = E[X_{t+k-1} | \mathcal{F}_t] \\ &= E[E[X_{t+k-1} | \mathcal{F}_{t+k-2}] | \mathcal{F}_t] = E[X_{t+k-2} | \mathcal{F}_t] = \dots = E[X_{t+1} | \mathcal{F}_t] \quad \forall t \end{aligned}$$

donde se han aplicado de forma reiterada la condición (ii') y la propiedad de torre<sup>1</sup> de la esperanza condicionada. En consecuencia, (ii') es equivalente a

$$(ii'') \quad E[X_{t+k} | \mathcal{F}_t] = X_t \quad \forall t, \forall k \geq 1$$

La esperanza de una martingala es constante. En efecto, tomando esperanzas en (ii) se tiene

---

<sup>1</sup> Dado un espacio de probabilidad  $(\Omega, \mathcal{F}, \mathcal{P})$ , para cualquier variable aleatoria  $X$  y dos sub- $\sigma$ -álgebras  $\mathcal{F}_i$  y  $\mathcal{F}_j$  tales que  $\mathcal{F}_i \subset \mathcal{F}_j$ , se verifica

$$E[E[X | \mathcal{F}_j] | \mathcal{F}_i] = E[X | \mathcal{F}_i] = E[E[X | \mathcal{F}_i] | \mathcal{F}_j]$$

$$E\left[E\left[X_t|\mathcal{F}_s\right]\right] = E\left[X_s\right] \Rightarrow E\left[X_t\right] = E\left[X_s\right] \quad \forall s, t, \text{ con } t > s$$

donde se ha aplicado la propiedad de la doble esperanza en variables aleatorias condicionadas a una  $\sigma$ -álgebra, de donde se concluye que debe ser

$$E\left[X_t\right] = \text{constante} \quad \forall t$$

En el caso de una submartingala la media crece, mientras que para una submartingala, decrece.

El proceso  $\{X_t, \mathcal{F}_t\}_{t \in T}$  es una *diferencia de martingala* si para cada  $t$  verifica

- (i)  $E\left[|X_t|\right] < \infty$
- (ii)  $E\left[X_t|\mathcal{F}_s\right] = 0 \quad \forall s, \text{ con } t > s$

que equivale a

$$E\left[X_{t+k}|\mathcal{F}_t\right] = 0 \quad \forall k \geq 1 \text{ (en el caso de que } T \text{ sea numerable y represente el tiempo)}$$

siendo una *diferencia de supermartingala* o *de submartingala*, si la propiedad (ii) se cumple para  $\leq 0$  ó  $\geq 0$ , respectivamente.

La condición (ii) se puede expresar de forma que englobe los tres casos

$$E\left[X_t|\mathcal{F}_s\right] = cte = \kappa \quad \forall s, \text{ con } t > s \quad \text{ó} \quad E\left[X_{t+k}|\mathcal{F}_t\right] = cte = \kappa \quad \forall k \geq 1$$

de manera que el proceso  $\{X_t, \mathcal{F}_t\}_{t \in \mathbb{T}}$  es una diferencia de martingala, supermartingala o submartingala según que la constante  $\kappa$  sea igual a 0,  $\leq 0$  ó  $\geq 0$ , respectivamente.

Aplicando los resultados de la martingala, es claro que la esperanza de una diferencia de una martingala es una constante igual a cero.

Por otro lado, para cualquier función medible  $f$ , una diferencia de martingala verifica

$$\text{Cov}(X_t, f(X_{t-1}, X_{t-2}, \dots)) = 0$$

es decir, está incorrelada con cualquier función medible de sus retardos (Davidson, 1994).

Finalmente, es interesante señalar que las variaciones de una martingala son una diferencia de martingala, pues verifican

$$E[X_t - X_s | \mathcal{F}_s] = 0 \quad \forall s, t, \text{ con } t > s$$

ó equivalentemente

$$E[X_{t+k} - X_t | \mathcal{F}_t] = 0 \quad \forall t, \forall k \geq 1$$

en el caso de una martingala con parámetro de tiempo discreto, lo cual indica que las citadas variaciones son completamente impredecibles.

## A.4. Paseo aleatorio con deriva

Un proceso estocástico  $\{X_t : t \in \mathbb{T}\}$  que admite la representación

$$X_t = \mu + X_{t-1} + a_t \quad \forall t \quad (\text{A.4.1})$$

es decir, la de un proceso autorregresivo con raíz unitaria y término independiente  $\mu$ , donde  $a_t$  es un ruido blanco, se denomina *paseo aleatorio con deriva*. La aplicación del operador de retardos  $L$  pone de manifiesto la existencia de la citada raíz unitaria

$$(1 - L)X_t = \mu + a_t$$

Siguiendo el desarrollo realizado por Roldán (2000), la sustitución recursiva en (A.4.1) permite obtener

$$\begin{aligned} X_t &= \mu + X_{t-1} + a_t = \\ &= \mu + (\mu + X_{t-2} + a_{t-1}) + a_t \\ &= \sum_{j=0}^{\infty} \mu + \sum_{j=0}^{\infty} a_{t-j} \quad \forall t \end{aligned} \quad (\text{A.4.2})$$

Asimismo, si se considera que el proceso  $\{X_t\}$  se inició en  $t_0 = 0$ , la sustitución recursiva nos lleva a una versión truncada de (A.4.1)

$$X_t = X_0 + \underbrace{\mu + \mu + \dots + \mu}_{t \text{ veces}} + a_1 + \dots + a_{t-1} + a_t =$$

$$= X_0 + \mu t + \sum_{j=0}^{t-1} a_{t-j}, \quad t = 1, 2, \dots \quad (\text{A.4.3})$$

donde se asume que  $X_0$  es una variable aleatoria independiente de  $a_t$ .

En cualquier caso, el proceso (A.4.1) es el resultado de la acumulación permanente, por un lado, de choques aleatorios, ya que la innovación  $a_i$  para  $i \leq t$  tendrá siempre un impacto en el momento actual por muy distante que sea  $t$ , y por otro, la del término constante  $\mu$ .

**Esperanza matemática.** Si se toman esperanzas en ambos miembros de la expresión (A.4.2) se obtiene la esperanza del proceso representado en (A.4.1):

$$E[X_t] = \sum_{j=0}^{\infty} E[\mu] + \sum_{j=0}^{\infty} E[a_{t-j}] = \sum_{j=0}^{\infty} \mu \quad \forall t \quad (\text{A.4.4})$$

donde  $E[a_{t-j}] = 0 \quad \forall j$  por ser  $a_t$  ruido blanco. En consecuencia, el proceso es no estacionario en media, pues su esperanza crece sin límite en el tiempo.

Si se considera que el proceso se inició en un punto finito del tiempo ( $t_0 = 0$ ), al tomar esperanzas en (A.4.3) se obtiene la esperanza de la versión truncada del proceso

$$\begin{aligned} E[X_t] &= E[X_0] + E[\mu t] + \sum_{j=0}^{\infty} E[a_{t-j}] = \\ &= E[X_0] + \mu t \quad t = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (\text{A.4.5})$$

en la que vuelve a quedar de manifiesto que la esperanza es una función del tiempo.

**Varianza.** La varianza del proceso (A.1) se obtiene aplicando su definición

$$V(X_t) = E\left[\left(X_t - E[X_t]\right)^2\right]$$

A partir de los resultados (A.2) y (A.4) se tiene que  $X_t - E[X_t] = \sum_{j=0}^{\infty} a_{t-j}$ ,

por lo que

$$V(X_t) = E\left[\left(\sum_{j=0}^{\infty} a_{t-j}\right)^2\right] = \sigma_a^2 + \sigma_a^2 + \dots = \sum_{j=0}^{\infty} \sigma_a^2 \quad \forall t \quad (\text{A.4.6})$$

donde  $E[a_{t-i}a_{t-j}] = 0 \quad \forall i \neq j$ , y  $E[a_{t-j}^2] = \sigma_a^2 \quad \forall j$ , por ser  $a_t$  ruido blanco. Por tanto, el proceso (A.4.1) es no estacionario en varianza ya que ésta crece en el tiempo sin límite.

Para el proceso truncado, la varianza se obtiene de forma análoga a partir de los resultados (A.4.3) y (A.4.5). En este caso,

$$X_t - E[X_t] = X_0 + \sum_{j=0}^{t-1} a_{t-j} - E[X_0]$$

y al aplicar la definición de varianza resulta

$$\begin{aligned} V(X_t) &= E\left[(X_0 - E[X_0])^2\right] + \sum_{j=0}^{t-1} E[a_{t-j}^2] + 2E\left[(X_0 - E[X_0])\sum_{j=0}^{t-1} a_{t-j}\right] \\ &= \sigma_{X_0}^2 + t\sigma_a^2 \quad t = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (\text{A.4.7})$$

donde se ha utilizado que  $E[\alpha_{t-j}] = 0 \quad \forall j$ ,  $E[\alpha_{t-j}^2] = \sigma_a^2 \quad \forall j$  y que  $E[X_0 \alpha_{t-j}] = 0 \quad \forall j: 0 < j < t$  (esta última, por asumirse en (A.4.3) que sobre  $X_0$  no pueden influir innovaciones futuras). De nuevo, la varianza es una función del tiempo.

En consecuencia, el paseo aleatorio con deriva es un proceso no estacionario en media y no estacionario en varianza.

#### Observación

-En el caso particular de que  $X_0$  sea una constante conocida se verifica

$$E[X_0] = X_0 \quad \text{y} \quad V(X_0) = \sigma_{X_0}^2 = 0$$

de manera que la esperanza y varianza de la versión truncada del proceso condicionadas al valor inicial  $X_0$  son, respectivamente,

$$E[X_t | X_0] = X_0 + \mu t \quad \text{y} \quad V(X_t | X_0) = t\sigma_a^2 \quad (\text{A.4.8})$$



## A.5. Paseo aleatorio sin deriva

Si en la expresión (A.4.1) se toma  $\mu = 0$  se tiene la formulación correspondiente al denominado *paseo aleatorio* (sin deriva)

$$X_t = X_{t-1} + a_t \quad \forall t \quad (\text{A.5.1})$$

es decir, un proceso autorregresivo con raíz unitaria, donde  $a_t$  es un ruido blanco. De nuevo, al aplicar el operador de retardos  $L$  se evidencia la raíz unitaria

$$(1 - L)X_t = a_t$$

Tomando  $\mu = 0$  en (A.4.2) y (A.4.3) se tienen los resultados que proporciona la sustitución recursiva en (A.5.1) tanto en el supuesto de que el proceso no tiene punto de inicio como en el caso en el que se asume que se inicia en  $t_0 = 0$  (versión truncada), respectivamente,

$$X_t = \sum_{j=0}^{\infty} a_{t-j} \quad \text{y} \quad X_t = X_0 + \sum_{j=0}^{t-1} a_{t-j}$$

De nuevo, se observa que la innovación  $a_i$  para  $i \leq t$ , tendrá siempre un impacto en el momento actual por muy distante que sea  $t$ . Por ello, se suele decir que el paseo aleatorio no es más que una acumulación permanente de choques aleatorios.

De igual forma, tomando  $\mu = 0$  en (A.4.4) y (A.4.5) se tiene la esperanza matemática de un paseo aleatorio y de su versión truncada,

respectivamente,

$$E[X_t] = 0 \quad \forall t \quad \text{y} \quad E[X_t] = E[X_0] \quad t = 1, 2, \dots$$

de donde se tiene que, en teoría, un paseo aleatorio es estacionario en media, pero su versión truncada nos indica que mantendrá esta condición siempre que la esperanza de la variable inicial  $X_0$  sea independiente de  $t$ . Por tanto, se puede afirmar que un paseo aleatorio es, en general, un proceso estacionario en media.

Por otro lado, como la varianza del paseo aleatorio con deriva no está afectada por el parámetro  $\mu$  (las expresiones (A.4.6) y (A.4.7) no dependen de  $\mu$ ), se tiene que la varianza de un paseo aleatorio y de su versión truncada, coinciden con las de aquel:

$$V(X_t) = \sum_{j=0}^{\infty} \sigma_a^2 \quad \forall t \quad \text{y} \quad V(X_t) = \sigma_{X_0}^2 + t\sigma_a^2 \quad t = 1, 2, \dots$$

En cualquier caso, la conclusión es que la varianza del paseo aleatorio crece indefinidamente con el tiempo, es decir, el proceso sería no estacionario en varianza.

En consecuencia, el paseo aleatorio es un proceso estacionario en media y pero no en varianza.

Finalmente, en el caso de  $X_0$  constante, haciendo  $\mu = 0$  en (A.4.8) se tienen la esperanza y la varianza de la versión truncada del proceso condicionadas al valor inicial  $X_0$

$$E[X_t | X_0] = X_0 \quad \text{y} \quad V(X_t | X_0) = t\sigma_a^2$$

## A.6. Modelo ARCH

Sea la serie

$$X_t = \sigma_t a_t \quad (\text{A.6.1})$$

donde  $\sigma_t$  y  $a_t$  son procesos independientes entre sí tales que  $\sigma_t$  es estacionario y  $a_t$  es un ruido blanco normal estandarizado, es decir, formado por variables normales independientes de media cero y varianza unidad

$$E[a_t] = 0 \quad V(a_t) = 1$$

En este contexto, la media y varianza marginales de  $X_t$  son

$$E[X_t] = E[\sigma_t a_t] = E[\sigma_t] E[a_t] = 0$$

y

$$\begin{aligned} V(X_t) &= E\left[(X_t - E[X_t])^2\right] = E[X_t^2] = E[\sigma_t^2 a_t^2] = \\ &= E[\sigma_t^2] E[a_t^2] = E[\sigma_t^2] V(a_t) = \sigma^2 \end{aligned}$$

respectivamente, de manera que  $X_t$  resulta ser estacionaria.

Por otro lado, si se denota  $\Omega_{t-1}$  al conjunto de información disponible en  $t-1$ , la media condicional de  $X_t$  es

$$E[X_t | \Omega_{t-1}] = E[\sigma_t \alpha_t | \Omega_{t-1}] = E[\sigma_t | \Omega_{t-1}] E[\alpha_t] = 0$$

mientras que su varianza condicional es

$$\begin{aligned} V(X_t | \Omega_{t-1}) &= E\left[(X_t - E[X_t])^2 | \Omega_{t-1}\right] = E[X_t^2 | \Omega_{t-1}] = \\ &= E[\sigma_t^2 \alpha_t^2 | \Omega_{t-1}] = E[\sigma_t^2 | \Omega_{t-1}] E[\alpha_t^2] = \sigma_t^2 \end{aligned}$$

A  $\sigma_t^2$  se le conoce como *heterocedasticidad condicionada* o *volatilidad* y existen diversas formas de modelizar su evolución. En concreto, los modelos de heterocedasticidad condicionada se clasifican en dos categorías: los que modelizan  $\sigma_t^2$  como una función exacta y los que lo hacen mediante una ecuación estocástica. En la primera categoría destaca la modelización

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i X_{t-i}^2 \quad (\text{A.6.2})$$

que junto con (A.6.1) constituyen el denominado *modelo de heterocedasticidad condicional autorregresiva de orden q* o, de forma abreviada, modelo ARCH( $q$ ), propuesto por Engle (1982).

El modelo ARCH( $q$ ) estará bien definido si en (A.6.2) es  $\alpha_0 > 0$ ,  $\alpha_1 \geq 0, \dots, \alpha_q \geq 0$  (garantiza que la varianza condicional  $\sigma_t^2$  sea estrictamente positiva) y, según demuestra Engle (1982, teorema 2, p. 993),  $X_t$  será estacionario si, y sólo si, las raíces de la ecuación característica de (A.8) caen fuera del círculo unidad, siendo

$$V(X_t) = E[X_t^2] = \sigma^2 = \frac{\alpha_0}{1 - \sum_{i=1}^q \alpha_i}$$

## ANEXO DE TABLAS Y FIGURAS

---

En este anexo se muestran las tablas y figuras que recogen los resultados obtenidos al aplicar de forma independiente los métodos (lineales y no lineales), considerados en este trabajo, a las series de rendimientos asociadas a cada uno de los índices bursátiles objeto de estudio en los períodos y sub-períodos establecidos. La distribución de las mismas se realiza de acuerdo con el siguiente índice:

- **IBEX** .....313  
Tablas B.1-B.7 y Figuras B.1-B.2
- **IPSA**.....323  
Tablas B.8-B.14 y Figuras B.3-B.4
- **MEXBOL**.....333  
Tablas B.15-B.21 y Figuras B.5-B.6
- **COLCAP**.....343  
Tablas B.22-B.28 y Figuras B.7-B.8
- **IGBVL**.....353  
Tablas B.29-B.35 y Figuras B.9-B.10

- **IBOV** .....363  
Tablas B.36-B.42 y Figuras B.11-B.12
- **MERVAL** .....373  
Tablas B.43-B.49 y Figuras B.13-B.14
- **IBVC** .....383  
Tablas B.50-B.56 y Figuras B.16-B.16

Para cada índice las tablas y figuras responden a la siguiente ordenación: test de Ljung-Box, test ratio-varianza (RW1) y figura asociada, test de rachas, test BDS, test ratio-varianza (RW3) y figura asociada, prueba de efectos ARCH y test de Ljung-Box para efectos ARCH.

**Tabla B.1:** Test de Ljung-Box sobre la serie de rendimientos del IBEX

IBEX (España)		TEST DE LJUNG-BOX													
		<i>Orden de correlación (k)</i>													
		1		2		3		4		5		6		7	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2.4431 (0.118)		2.7256 (0.256)		5.9606 (0.114)		14.789 (0.005*)		18.894 (0.002*)		20.340 (0.002*)		30.093 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	5.1532 (0.023*)	4.5236 (0.033*)	5.1933 (0.075)	4.6653 (0.097)	5.2578 (0.154)	4.8543 (0.183)	5.9178 (0.205)	7.4625 (0.113)	5.9874 (0.307)	7.5251 (0.184)	7.3776 (0.287)	8.9724 (0.175)	7.5975 (0.369)	9.2298 (0.237)
	<b>2</b> 05/07		0.7545 (0.385)		0.7818 (0.676)		1.7174 (0.633)		2.3336 (0.675)		2.8720 (0.720)		2.9640 (0.813)		2.9698 (0.888)
<b>Crisis 2007/2008</b>		0.2035 (0.652)		0.3195 (0.852)		7.7265 (0.052)		9.3649 (0.053)		9.9553 (0.077)		19.463 (0.003*)		26.635 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	5.3558 (0.021*)	4.5536 (0.033*)	6.4880 (0.039*)	4.9575 (0.084)	6.8685 (0.076)	4.9684 (0.174)	15.188 (0.004*)	13.774 (0.008*)	19.141 (0.002*)	19.403 (0.002*)	24.172 (0.000*)	22.715 (0.001*)	25.472 (0.001*)	22.953 (0.002*)
	<b>2</b> 13/15		0.1857 (0.667)		1.6508 (0.438)		3.1133 (0.374)		3.1146 (0.539)		4.1349 (0.530)		5.5660 (0.474)		8.4428 (0.295)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

Tabla B.2: Test ratio varianza para RW1 sobre la serie de rendimientos del IBEX

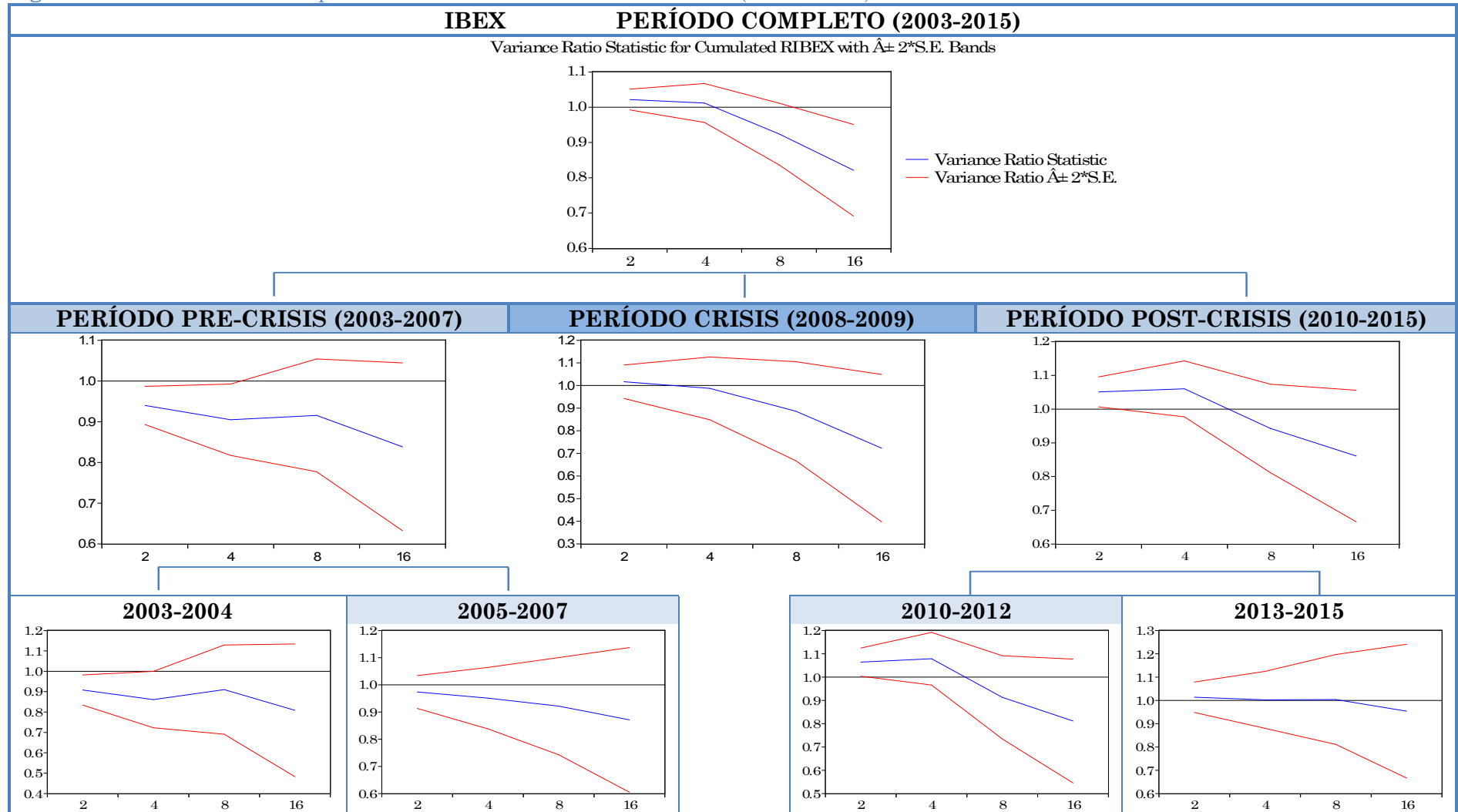
IBEX (España)		TEST RATIO VARIANZA (RW1)														
		$k$	$VR(k)$				$k$	$Estadístico Z$				$k$	$p$ -valor		$Test\ global$	
Período completo 2003/2015		2	1.021819				2	1.478422				2	0.1393		2.750314 (0.0236*)	
		4	1.012075				4	0.437342				4	0.6619			
		8	0.924272				8	-1.734633				8	0.0828			
		16	0.821331				16	-2.750314				16	0.0060*			
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	0.939990	2	0.908019	2	-2.563648	2	-2.485201	2	0.0104*	2	0.0129*	2.563648 (0.0408*)	2.485201 (0.0508)	
				4	0.861141			4	-2.005407			4	0.0449*			
		4	0.904894	8	0.910026	4	-2.171719	8	-0.821817	4	0.0299*	8	0.4112			
				16	0.808353			16	-1.176366			16	0.2394			
	2 05/07	8	0.915570	2	0.973790	8	-1.219333	2	-0.867308	8	0.2227	2	0.3858			
				4	0.951130			4	-0.864406			4	0.3874			
		16	0.838321	8	0.921525	16	-1.569146	8	-0.877876	16	0.1166	8	0.3800			
				16	0.871077			16	-0.969211			16	0.3324			
Crisis 2007/2008		2	1.016651				2	0.450199				2	0.6526		1.700733 (0.3112)	
		4	0.987250				4	-0.184257				4	0.8538			
		8	0.886579				8	-1.036684				8	0.2999			
		16	0.723116				16	-1.700733				16	0.0890			
Post-crisis 2009/2015	1 10/12	2	1.051129	2	1.064323	2	2.306492	2	2.129471	2	0.0211*	2	0.0332*	2.306492 (0.0817)	2.129471 (0.1264)	
				4	1.078958			4	1.397235			4	0.1623			
		4	1.060135	8	0.913110	4	1.450017	8	-0.972460	4	0.1471	8	0.3308			
				16	0.811415			16	-1.418377			16	0.1561			
	2 13/15	8	0.942820	2	1.013663	8	-0.872008	2	0.418679	8	0.3832	2	0.6755			
				4	1.002302			4	0.037699			4	0.9699			
		16	0.860839	8	1.003732	16	-1.426197	8	0.038659	16	0.1538	8	0.9692			
				16	0.953792			16	-0.321682			16	0.7477			

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia



**Figura B.1:** Test ratio varianza para RW1 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IBEX



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.3:** Test de rachas (aleatoriedad) sobre la serie de rendimientos del IBEX

IBEX (España)		Test de rachas									
		Valor de referencia (media)		Número de observaciones		Número de rachas		Estadístico Z		p-valor	
<b>Período completo 2003/2015</b>		0.00013564		4591		1983		-4.972		0.000*	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.00050535	0.00055928	1825	730	830	340	-1.289	-0.262	0.197	0.794
	<b>2</b> 05/07		0.00046939		1095		491		-1.420		0.156
<b>Crisis 2008/2009</b>		-0.00032863		731		295		-2.539		0.011*	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	-0.00002915	-0.00034647	2035	1096	837	457	-3.647	-2.739	0.000*	0.006*
	<b>2</b> 13/15		0.00034123		939		394		-3.281		0.001*

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

Tabla B.4: Test BDS sobre la serie de rendimientos del IBEX

IBEX (España)		TEST BDS											
		<i>m</i>	<i>Estadístico BDS</i>			<i>m</i>	<i>Estadístico Z</i>			<i>m</i>	<i>p-valor</i>		
Período completo 2003/2015		2	0.018000			2	9.786786			2	0.0000*		
		3	0.016492			3	7.488687			3	0.0000*		
		4	0.014403			4	7.272068			4	0.0000*		
		5	0.012075			5	7.735038			5	0.0000*		
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	0.016708	2	0.021000	2	6.200407	2	4.921468	2	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.017672			3	3.695730			3	0.0002*
		3	0.012492	4	0.015043	3	4.113661	4	3.736934	3	0.0000*	4	0.0002*
				5	0.011691			5	3.935504			5	0.0001*
	2 05/07	4	0.008376	2	0.016430	4	3.258169	2	4.849381	4	0.0011*	2	0.0000*
				3	0.011077			3	2.949380			3	0.0032*
		5	0.005008	4	0.005117	5	2.625332	4	1.635983	5	0.0087*	4	0.1018
				5	0.001620			5	0.709481			5	0.4780
Crisis 2008/2009		2	0.005526			2	1.261377			2	0.2072		
		3	0.000302			3	0.059352			3	0.9527		
		4	-0.000332			4	-0.074612			4	0.9405		
		5	0.000117			5	0.034254			5	0.9727		
Post-crisis 2010/2015	1 10/12	2	0.011351	2	0.008614	2	4.366173	2	2.415749	2	0.0000*	2	0.0157*
				3	0.004874			3	1.203494			3	0.2288
		3	0.006662	4	0.000665	3	2.250010	4	0.192605	3	0.0244*	4	0.8473
				5	-0.000901			5	-0.348796			5	0.7272
	2 13/15	4	0.002749	2	0.011226	4	1.085334	2	3.232920	4	0.2778	2	0.0012*
				3	0.003816			3	1.033968			3	0.3012
		5	0.000948	4	0.000719	5	0.499101	4	0.244093	5	0.6177	4	0.8072
				5	-0.000706			5	-0.342060			5	0.7323

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

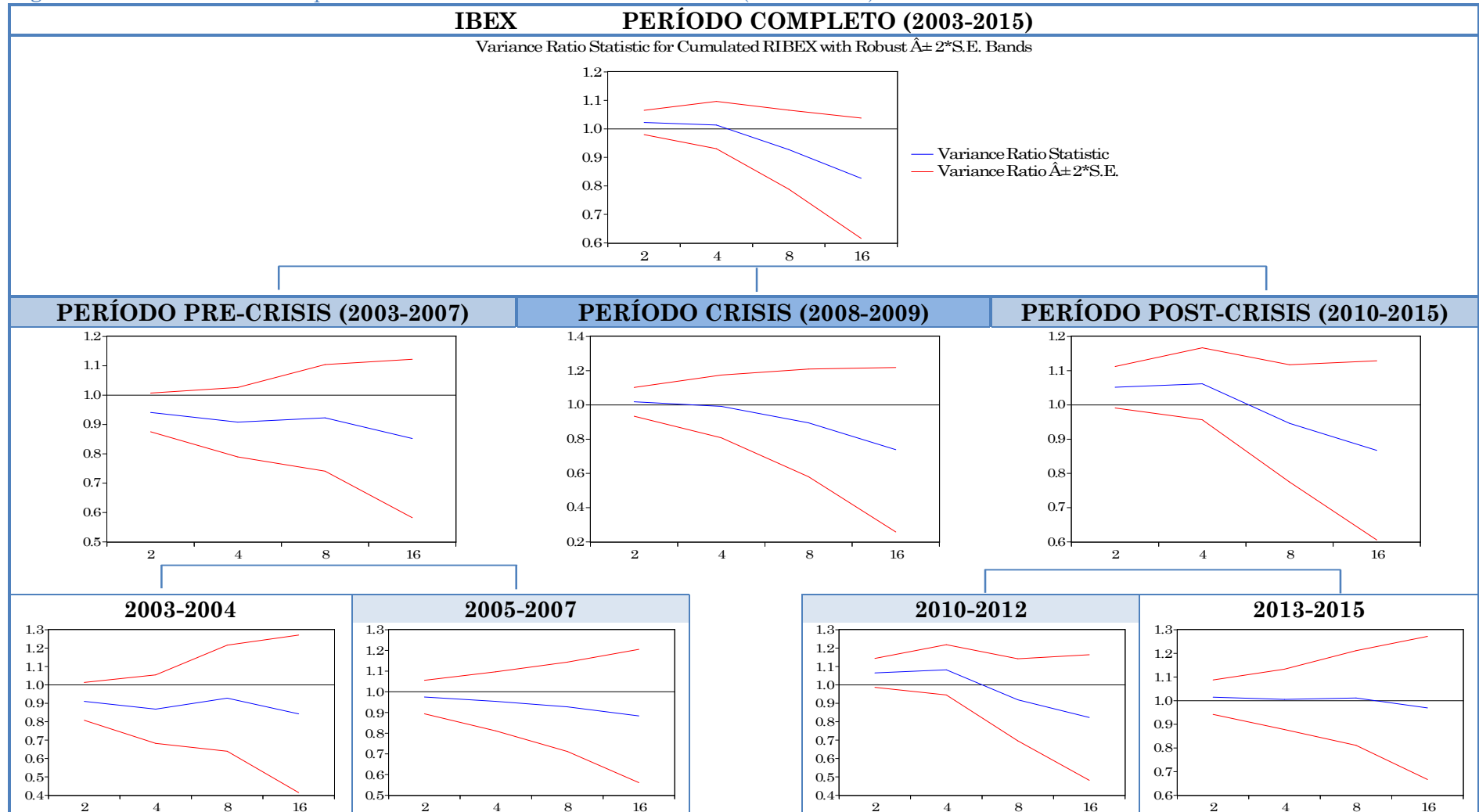
Tabla B.5: Test ratio varianza para RW3 sobre la serie de rendimientos del IBEX

IBEX (España)		TEST RATIO VARIANZA (RW3)														
		$k$	$VR(k)$				$k$	$Estadístico Z$				$k$	$p$ -valor		$Test$ global	
Período completo 2003/2015		2	1.022265				2	1.043795				2	0.2966		1.640569 (0.3465)	
		4	1.013400				4	0.323516				4	0.7463			
		8	0.927097				8	-1.052937				8	0.2924			
		16	0.826725				16	-1.640569				16	0.1009			
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	0.941021	2	0.910513	2	-1.787215	2	-1.736910	2	0.0739	2	0.0824	1.787215 (0.2644)	1.736910 (0.2911)	
			4	0.868267	4			-1.415268	4			0.1570				
		4	0.907878	8	0.927745	4	-1.557793	8	-0.500965	4	0.1193	8	0.6164			
				16	0.842650			16	-0.734928			16	0.4624			
	2 05/07	8	0.922636	2	0.974681	8	-0.851789	2	-0.625282	8	0.3943	2	0.5318		0.725727 (0.9199)	
				4	0.953745			4	-0.647078			4	0.5176			
		16	0.852278	8	0.927460	16	-1.094103	8	-0.672086	16	0.2739	8	0.5015			
				16	0.883186			16	-0.725727			16	0.4680			
Crisis 2007/2008		2	1.018046				2	0.429780				2	0.6674		1.089438 (0.7252)	
		4	0.991324				4	-0.094790				4	0.9245			
		8	0.895163				8	-0.666759				8	0.5049			
		16	0.738286				16	-1.089438				16	0.2760			
Post-crisis 2010/2015	1 10/12	2	1.051646	2	1.065296	2	1.708050	2	1.661190	2	0.0876	2	0.0967	1.708050 (0.3071)	1.661190 (0.3342)	
			4	1.081923	4			1.199163	4			0.2305				
		4	1.061701	8	0.918985	4	1.173040	8	-0.725823	4	0.2408	8	0.4679			
				16	0.822685			16	-1.038729			16	0.2989			
	2 13/15	8	0.946076	2	1.014745	8	-0.629542	2	0.405665	8	0.5290	2	0.6850		0.405665 (0.9902)	
				4	1.005518			4	0.086499			4	0.9311			
		16	0.867234	8	1.011279	16	-1.014371	8	0.112617	16	0.3104	8	0.9103			
				16	0.969293			16	-0.202968			16	0.8392			

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

Figura B.2: Test ratio varianza para RW3 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IBEX



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.6:** Prueba de efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IBEX

IBEX (España)		PRUEBA DE EFECTOS ARCH							
		<i>Orden de heterocedasticidad (q)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		33.02008 (0.0000*)		82.87695 (0.0000*)		172.9177 (0.0000*)		265.2034 (0.0000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	46.68327 (0.0000*)	19.20272 (0.0000*)	53.91679 (0.0000*)	23.30170 (0.0000*)	74.72070 (0.0000*)	39.68152 (0.0000*)	80.47212 (0.0000*)	45.00980 (0.0000*)
	<b>2</b> 05/07		20.50471 (0.0000*)		21.22431 (0.0000*)		21.56807 (0.0001*)		21.51221 (0.0003*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		0.796692 (0.3721)		21.51234 (0.0000*)		57.07994 (0.0000*)		61.68509 (0.0000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	12.82881 (0.0003*)	5.044833 (0.0247*)	12.81089 (0.0017*)	5.074112 (0.0791)	16.36319 (0.0010*)	5.971980 (0.1130)	84.89831 (0.0000*)	42.24670 (0.0000*)
	<b>2</b> 13/15		2.532964 (0.1115)		5.826488 (0.0543)		7.745579 (0.0516)		10.81543 (0.0287*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.7:** Test de Ljung-Box para analizar efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IBEX

IBEX (España)		TEST DE LJUNG-BOX (efectos ARCH)							
		<i>Orden de correlación (k)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		32.995 (0.000*)		89.451 (0.000*)		201.09 (0.000*)		335.13 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	44.433 (0.000*)	17.820 (0.000*)	54.755 (0.000*)	22.542 (0.000*)	81.681 (0.000*)	41.911 (0.000*)	94.302 (0.000*)	51.527 (0.000*)
	<b>2</b> 05/07		20.573 (0.000*)		22.812 (0.000*)		23.700 (0.000*)		23.746 (0.000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		0.8008 (0.371)		21.930 (0.000*)		60.193 (0.000*)		69.018 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	12.853 (0.000*)	5.0625 (0.024*)	12.961 (0.002*)	5.0664 (0.079)	16.635 (0.001*)	5.9456 (0.114)	90.009 (0.000*)	43.918 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		2.5432 (0.111)		5.1845 (0.075)		6.3395 (0.096)		10.364 (0.035*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia





**Tabla B.8:** Test de Ljung-Box sobre la serie de rendimientos del IPSA

IPSA (Chile)		TEST DE LJUNG-BOX													
		Orden de correlación (k)													
		1		2		3		4		5		6		7	
<b>Período completo 2003/2015</b>		74.634 (0.000*)		74.920 (0.000*)		74.922 (0.000*)		75.495 (0.000*)		77.732 (0.000*)		78.013 (0.000*)		78.556 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	19.976 (0.000*)	11.615 (0.001*)	20.251 (0.000*)	12.669 (0.002*)	20.319 (0.000*)	15.132 (0.002*)	20.326 (0.000*)	16.515 (0.002*)	20.931 (0.001*)	17.322 (0.004*)	24.357 (0.000*)	17.427 (0.008*)	30.040 (0.000*)	21.551 (0.003*)
	<b>2</b> 05/07		9.3768 (0.002*)		9.9392 (0.009*)		9.9392 (0.019*)		10.433 (0.034*)		10.527 (0.062)		14.408 (0.025*)		16.606 (0.020*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		11.268 (0.001*)		12.548 (0.002*)		12.631 (0.006*)		14.577 (0.006*)		15.767 (0.008*)		15.782 (0.015*)		16.831 (0.019*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	45.372 (0.000*)	22.686 (0.000*)	47.579 (0.000*)	25.834 (0.000*)	48.180 (0.000*)	26.036 (0.000*)	49.325 (0.000*)	26.044 (0.000*)	53.346 (0.000*)	31.421 (0.000*)	53.907 (0.000*)	31.601 (0.000*)	58.788 (0.000*)	37.889 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		23.593 (0.000*)		23.603 (0.000*)		24.186 (0.000*)		27.927 (0.000*)		27.927 (0.000*)		32.636 (0.000*)		32.643 (0.000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

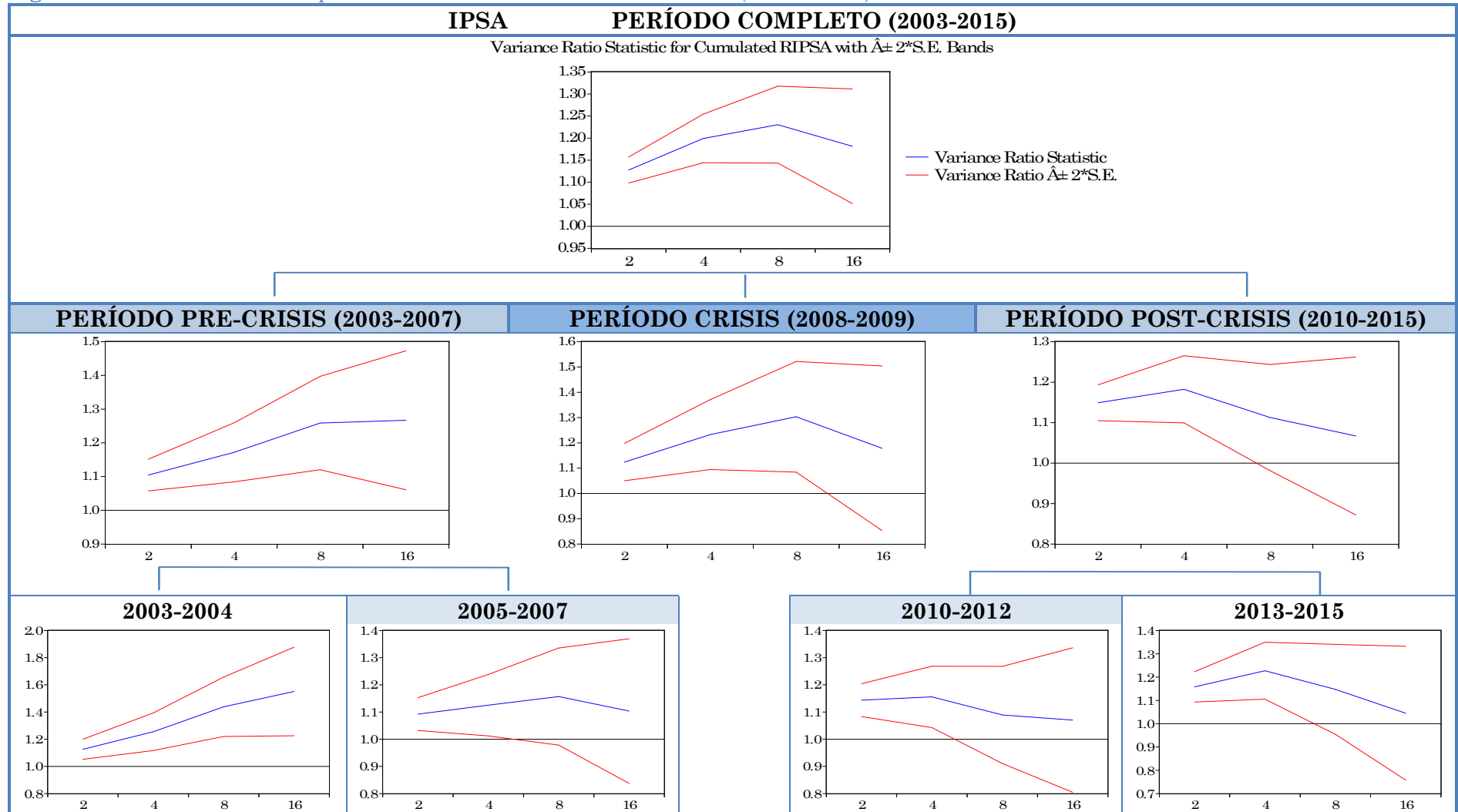
Tabla B.9: Test ratio varianza para RW1 sobre la serie de rendimientos del IPSA

IPSA (Chile)		TEST RATIO VARIANZA (RW1)														
		<i>k</i>	<i>VR(k)</i>				<i>k</i>	<i>Estadístico Z</i>				<i>k</i>	<i>p-valor</i>		<i>Test global</i>	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	1.127439				2	8.634903				2	0.0000*		8.634903 (0.0000*)	
		4	1.199178				4	7.213764				4	0.0000*			
		8	1.230425				8	5.278130				8	0.0000*			
		16	1.181508				16	2.794009				16	0.0052*			
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	1.104532	2	1.125857	2	4.465614	2	3.400472	2	0.0000*	2	0.0007*	4.465614 (0.0000*)	4.007845 (0.0002*)	
				4	1.255018			4	3.682972			4	0.0002*			
		4	1.171865	8	1.438787	4	3.924515	8	4.007845	4	0.0001*	8	0.0001*			
				16	1.551437			16	3.384826			16	0.0007*			
	<b>2 05/07</b>	8	1.258714	2	1.092415	8	3.736343	2	3.058077	8	0.0002*	2	0.0022*		3.058077 (0.0089*)	
				4	1.125153			4	2.213679			4	0.0269*			
		16	1.266965	8	1.157070	16	2.590989	8	1.757095	16	0.0096*	8	0.0789			
				16	1.103427			16	0.777535			16	0.4368			
<b>Crisis</b>		2	1.123899				2	3.349854				2	0.0008*		3.362253 (0.0031*)	
		4	1.232651				4	3.362253				4	0.0008*			
		8	1.303122				8	2.770591				8	0.0056*			
		16	1.178362				16	1.095569				16	0.2733			
<b>Post-crisis 2009/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	1.149142	2	1.143676	2	6.727947	2	4.756513	2	0.0000*	2	0.0000*	6.727947 (0.0000*)	4.756513 (0.0000*)	
				4	1.155692			4	2.755101			4	0.0059*			
		4	1.182306	8	1.089349	4	4.395902	8	0.999984	4	0.0000*	8	0.3173			
				16	1.070455			16	0.529899			16	0.5962			
	<b>2 13/15</b>	8	1.112636	2	1.158059	8	1.717735	2	4.843408	8	0.0858	2	0.0000*		4.843408 (0.0000*)	
				4	1.227352			4	3.723893			4	0.0002*			
		16	1.066950	8	1.147368	16	0.686135	8	1.526628	16	0.4926	8	0.1269			
				16	1.044855			16	0.312263			16	0.7548			

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

**Figura B.3:** Test ratio varianza para RW1 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IPSA



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.10:** Test de rachas (aleatoriedad) sobre la serie de rendimientos del IPSA

IPSA (Chile)		TEST DE RACHAS									
		Valor de referencia (media)		Número de observaciones		Número de rachas		Estadístico Z		p-valor	
<b>Período completo 2003/2015</b>		0.00029125		4591		1786		-10.171		0.000*	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.00061136	0.00080249	1825	730	715	285	-6.452	-3.899	0.000*	0.000*
	<b>2</b> 05/07		0.00048393		1095		429		-5.230		0.000*
<b>Crisis 2008/2009</b>		0.00021890		731		295		-3.626		0.000*	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	0.00003016	0.00016713	2035	1096	774	421	-7.119	-5.498	0.000*	0.000*
	<b>2</b> 13/15		-0.00012972		939		379		-3.471		0.001*

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.11:** Test BDS sobre la serie de rendimientos del IPSA

IPSA (Chile)		TEST BDS											
		<i>m</i>	<i>Estadístico BDS</i>			<i>m</i>	<i>Estadístico Z</i>			<i>m</i>	<i>p-valor</i>		
<b>Período completo</b> 2003/2015		2	0.019819			2	11.24498			2	0.0000*		
		3	0.017910			3	8.652504			3	0.0000*		
		4	0.013472			4	7.378064			4	0.0000*		
		5	0.009722			5	6.886777			5	0.0000*		
<b>Pre-crisis</b> 2003/2007	1 03/04	2	0.016164	2	0.018371	2	6.540196	2	4.850975	2	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.013182			3	3.414333			3	0.0006*
		3	0.013065	4	0.009133	3	4.967032	4	3.087557	3	0.0000*	4	0.0020*
				5	0.005390			5	2.712882			5	0.0067*
	2 05/07	4	0.008652	2	0.015725	4	4.113793	2	4.849325	4	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.013822			3	3.910536			3	0.0001*
		5	0.005364	4	0.008607	5	3.638440	4	2.973901	5	0.0003*	4	0.0029*
				5	0.005452			5	2.624277			5	0.0087*
<b>Crisis</b> 2008/2009		2	0.022994			2	4.763729			2	0.0000*		
		3	0.021406			3	3.539702			3	0.0004*		
		4	0.016000			4	2.812106			4	0.0049*		
		5	0.013681			5	2.916244			5	0.0035*		
<b>Post-crisis</b> 2010/2015	1 10/12	2	0.016583	2	0.021739	2	6.280034	2	5.732411	2	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.022853			3	4.932486			3	0.0000*
		3	0.014224	4	0.016445	3	4.642592	4	3.868405	3	0.0000*	4	0.0001*
				5	0.010889			5	3.185443			5	0.0014*
	2 13/15	4	0.010202	2	0.013145	4	3.820379	2	3.669517	4	0.0001*	2	0.0002*
				3	0.007359			3	1.921951			3	0.0546
		5	0.006339	4	0.005197	5	3.107437	4	1.690072	5	0.0019*	4	0.0910
				5	0.003425			5	1.581684			5	0.1137

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

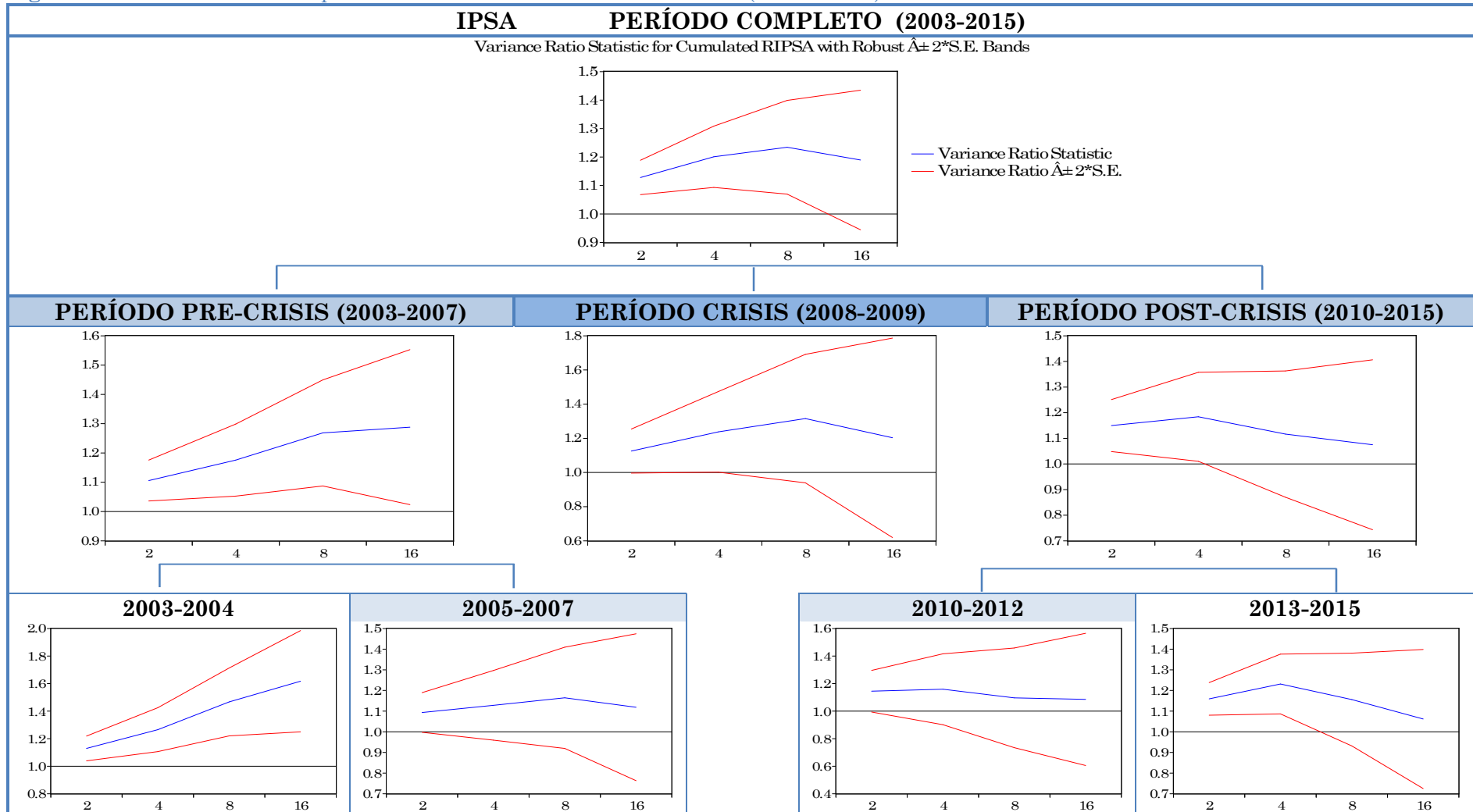
Tabla B.12: Test ratio varianza para RW3 sobre la serie de rendimientos del IPSA

IPSA (Chile)		TEST RATIO VARIANZA (RW3)														
		$k$	$VR(k)$				$k$	$Estadístico Z$				$k$	$p$ -valor		$Test$ global	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	1.127931				2	4.229426				2	0.0000*		4.229426 (0.0001*)	
		4	1.200747				4	3.724938				4	0.0002*			
		8	1.234187				8	2.844669				8	0.0044*			
		16	1.189267				16	1.543413				16	0.1227			
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	1.105744	2	1.128950	2	3.026311	2	2.872328	2	0.0025*	2	0.0041*	3.026311 (0.0099*)	3.786284 (0.0006*)	
			4	1.265404	4			3.326414	4			0.0009*				
		4	1.175729	8	1.466801	4	2.856997	8	3.786284	4	0.0043*	8	0.0002*			
				16	1.617262			16	3.359360			16	0.0008*			
	<b>2 05/07</b>	8	1.268428	2	1.093414	8	2.964575	2	1.945229	8	0.0030*	2	0.0517			
				4	1.128247			4	1.521517			4	0.1281			
		16	1.288058	8	1.164521	16	2.176670	8	1.343923	16	0.0295*	8	0.1790			
				16	1.118767			16	0.667817			16	0.5043			
<b>Crisis 2007/2008</b>		2	1.125441				2	1.944535				2	0.0518		2.016292 (0.1639)	
		4	1.237738				4	2.016292				4	0.0438*			
		8	1.315739				8	1.679621				8	0.0930			
		16	1.203083				16	0.696027				16	0.4864			
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	1.149707	2	1.144721	2	2.954080	2	1.914377	2	0.0031*	2	0.0556	2.954080 (0.0125*)	1.914377 (0.2044)	
			4	1.158867	4			1.233986	4			0.2172				
		4	1.184052	8	1.096358	4	2.119448	8	0.532453	4	0.0341*	8	0.5944			
				16	1.085322			16	0.355421			16	0.7223			
	<b>2 13/15</b>	8	1.116479	2	1.159295	8	0.945322	2	4.031339	8	0.3445	2	0.0001*			
				4	1.231290			4	3.198662			4	0.0014*			
		16	1.074876	8	1.155995	16	0.451768	8	1.387975	16	0.6514	8	0.1651			
				16	1.061835			16	0.367451			16	0.7133			

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

**Figura B.4:** Test ratio varianza para RW3 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IPSA



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.13:** Prueba de efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IPSA

IPSA (Chile)		PRUEBA DE EFECTOS ARCH							
		<i>Orden de heterocedasticidad (q)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		138.1430 (0.0000*)		165.9474 (0.0000*)		226.7910 (0.0000*)		235.6700 (0.0000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	58.84339 (0.0000*)	10.04289 (0.0015*)	64.05235 (0.0000*)	10.58250 (0.0050*)	64.23730 (0.0000*)	25.64185 (0.0000*)	64.36115 (0.0000*)	27.01050 (0.0000*)
	<b>2</b> 05/07		40.62332 (0.0000*)		45.65255 (0.0000*)		46.07282 (0.0000*)		46.63111 (0.0000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		9.996479 (0.0016*)		13.24445 (0.0013*)		27.39966 (0.0000*)		28.77917 (0.0000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	201.3473 (0.0000*)	125.5254 (0.0000*)	207.3504 (0.0000*)	127.8035 (0.0000*)	209.0484 (0.0000*)	128.2742 (0.0000*)	218.1523 (0.0000*)	134.1366 (0.0000*)
	<b>2</b> 13/15		7.308380 (0.0069*)		9.176938 (0.0102*)		13.09836 (0.0044*)		13.91068 (0.0076*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Tabla B.14:** Test de Ljung-Box para analizar efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IPSA

IPSA (Chile)		TEST DE LJUNG-BOX (efectos ARCH)							
		<i>Orden de correlación (k)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		138.26 (0.000*)		190.67 (0.000*)		285.80 (0.000*)		324.30 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	58.963 (0.000*)	10.091 (0.001*)	72.155 (0.000*)	10.219 (0.006*)	74.402 (0.000*)	24.180 (0.000*)	75.342 (0.000*)	24.257 (0.000*)
	<b>2</b> 05/07		40.763 (0.000*)		52.681 (0.000*)		52.811 (0.000*)		53.664 (0.000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		10.050 (0.002*)		14.745 (0.001*)		32.373 (0.000*)		36.798 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	201.73 (0.000*)	125.97 (0.000*)	248.30 (0.000*)	153.73 (0.000*)	265.37 (0.000*)	162.72 (0.000*)	289.05 (0.000*)	176.88 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		7.3375 (0.007*)		9.8393 (0.007*)		14.774 (0.002*)		16.487 (0.002*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Tabla B.15:** Test de Ljung-Box sobre la serie de rendimientos del MEXBOL

MEXBOL (México)		TEST DE LJUNG-BOX													
		Orden de correlación ( <i>k</i> )													
		1		2		3		4		5		6		7	
<b>Período completo 2003/2015</b>		23.153 (0.000*)		23.199 (0.000*)		26.132 (0.000*)		32.235 (0.000*)		33.672 (0.000*)		34.461 (0.000*)		37.929 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	5.0019 (0.025*)	2.0090 (0.156)	6.8542 (0.032*)	3.8424 (0.146)	7.4028 (0.060)	3.8732 (0.275)	10.748 (0.030*)	5.9961 (0.199)	13.677 (0.018*)	6.1437 (0.292)	14.437 (0.025*)	8.0919 (0.231)	14.438 (0.044*)	8.4615 (0.294)
	<b>2</b> 05/07		2.9745 (0.085)		3.7204 (0.156)		4.4198 (0.220)		6.1471 (0.188)		8.5380 (0.129)		8.6402 (0.195)		8.6880 (0.276)
<b>Crisis 2007/2008</b>		7.8906 (0.005*)		8.1724 (0.017*)		8.6693 (0.034*)		10.299 (0.036*)		11.917 (0.036*)		12.098 (0.060)		12.966 (0.073)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	2.9019 (0.088)	0.5174 (0.472)	3.5710 (0.168)	1.6358 (0.441)	6.7637 (0.080)	5.3216 (0.150)	7.1639 (0.127)	5.3408 (0.254)	12.689 (0.026*)	11.881 (0.036*)	12.769 (0.047*)	11.938 (0.063)	19.209 (0.008*)	16.817 (0.019*)
	<b>2</b> 13/15		3.3991 (0.065)		3.4043 (0.182)		3.5889 (0.309)		5.1626 (0.271)		5.4787 (0.360)		6.1354 (0.408)		7.8189 (0.349)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

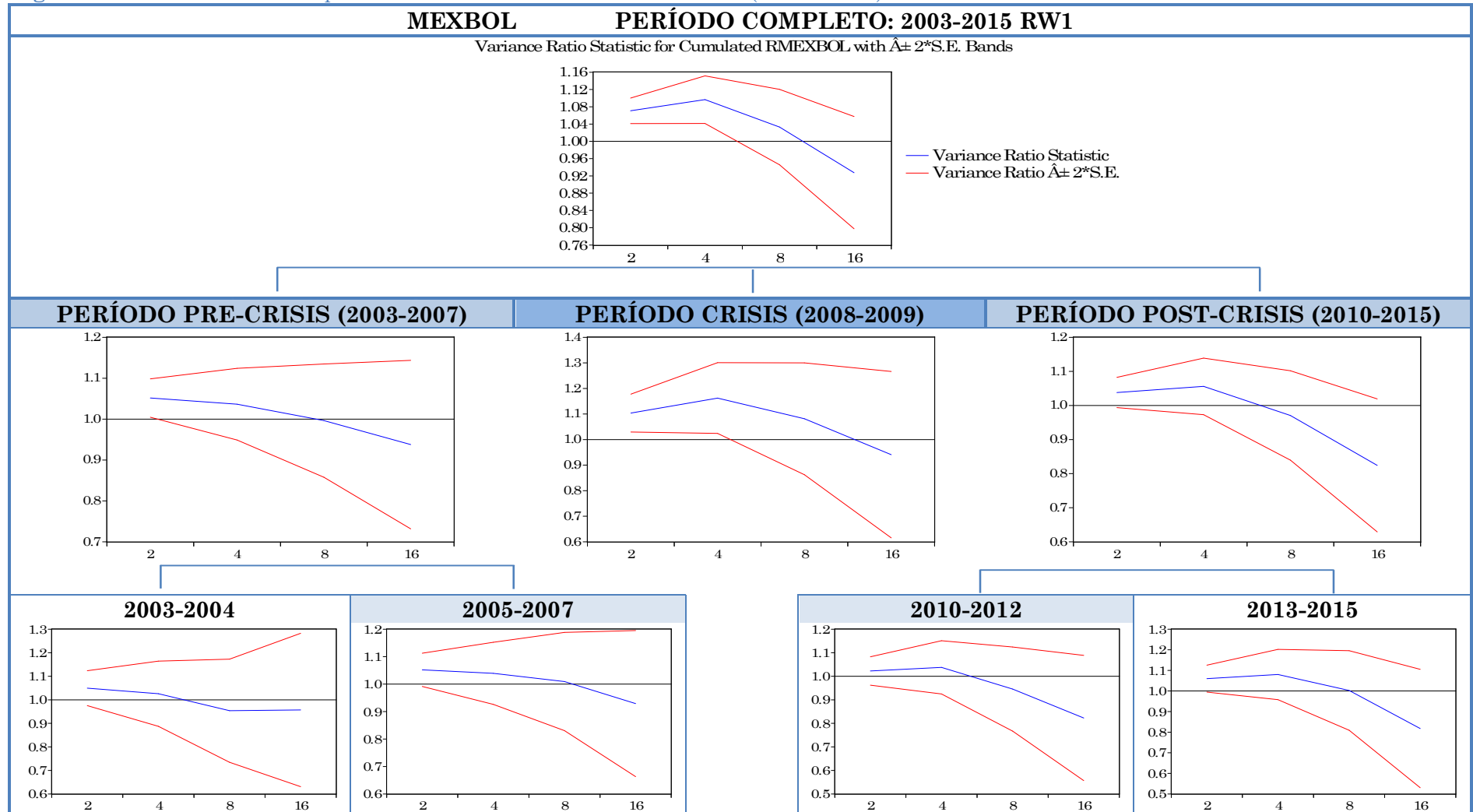
Tabla B.16: Test ratio varianza para RW1 sobre la serie de rendimientos del MEXBOL

MEXBOL (México)		TEST RATIO VARIANZA (RW1)															
		$k$	$VR(k)$				$k$	$Estadístico Z$				$k$	$p$ -valor		$Test$ global		
Período completo 2003/2015		2	1.070725				2	4.792102				2	0.0000*		4.792102 (0.0000*)		
		4	1.096451				4	3.493238				4	0.0005*				
		8	1.032920				8	0.754076				8	0.4508				
		16	0.927429				16	-1.117105				16	0.2639				
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	1.051519	2	1.049448	2	2.200884	2	1.336010	2	0.0277*	2	0.1815	2.200884 (0.1064)	1.336010 (0.5513)		
				4	1.025846			4	0.373272			4	0.7089				
		4	1.036429	8	0.953671	4	0.831855	8	-0.423163	4	0.4055	8	0.6722			16	0.7911
				16	0.956841			16	-0.264917			16	0.5940				
	2 05/07	8	0.996340	2	1.052008	8	-0.052851	2	1.720971	8	0.9579	2	0.0853		1.720971 (0.2998)		
				4	1.039337			4	0.695775			4	0.4866				
		16	0.937626	8	1.009364	16	-0.605361	8	0.104754	16	0.5449	8	0.9166				
				16	0.929086			16	-0.533108			16	0.5940				
Crisis 2007/2008		2	1.103505				2	2.798467				2	0.0051*		2.798467 (0.0204*)		
		4	1.162236				4	2.344615				4	0.0190*				
		8	1.081380				8	0.743829				8	0.4570				
		16	0.940831				16	-0.363437				16	0.7163				
Post-crisis 2009/2015	1 10/12	2	1.038071	2	1.022492	2	1.717401	2	0.744612	2	0.0859	2	0.4565	1.801366 (0.2572)	1.334443 (0.5524)		
				4	1.037819			4	0.669245			4	0.5033				
		4	1.055953	8	0.945505	4	1.349180	8	-0.609903	4	0.1773	8	0.5419			16	0.1821
				16	0.822575			16	-1.334443			16	0.2045				
	2 13/15	8	0.970564	2	1.059781	8	-0.448900	2	1.831880	8	0.6535	2	0.0670		1.831880 (0.2421)		
				4	1.080056			4	1.311278			4	0.1898				
		16	0.824232	8	1.002435	16	-1.801366	8	0.025226	16	0.0716	8	0.9799				
				16	0.817738			16	-1.268843			16	0.2045				

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

Figura B.5: Test ratio varianza para RW1 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del MEXBOL



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.17:** Test de rachas (aleatoriedad) sobre la serie de rendimientos del MEXBOL

MEXBOL (México)		TEST DE RACHAS									
		Valor de referencia (media)		Número de observaciones		Número de rachas		Estadístico Z		p-valor	
<b>Período completo 2003/2015</b>		0.00042918		4591		1929		-6.157		0.000*	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.00086187	0.00102176	1825	730	778	310	-4.089	-2.736	0.000*	0.006*
	<b>2</b> 05/07		0.00075528		1095		467		-3.175		0.001*
<b>Crisis 2008/2009</b>		<b>2</b> 05/07		731		293		-3.673		0.000*	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	0.00015409	0.00028102	2035	1096	866	465	-3.044	-2.740	0.002*	0.006*
	<b>2</b> 13/15		0.00000594		939		406		-1.183		0.237

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.18:** Test BDS sobre la serie de rendimientos del MEXBOL

MEXBOL (México)		TEST BDS											
		<i>m</i>	<i>Estadístico BDS</i>			<i>m</i>	<i>Estadístico Z</i>			<i>m</i>	<i>p-valor</i>		
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	0.020858			2	11.71508			2	0.0000*		
		3	0.019045			3	9.019222			3	0.0000*		
		4	0.012161			4	6.464953			4	0.0000*		
		5	0.008378			5	5.705197			5	0.0000*		
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	0.017037	2	0.014107	2	6.777557	2	3.796834	2	0.0000*	2	0.0001*
				3	0.007539			3	1.921776			3	0.0546
		3	0.012924	4	0.001551	3	4.708888	4	0.498391	3	0.0000*	4	0.6182
				5	-0.000861			5	-0.397991			5	0.6906
	<b>2 05/07</b>	4	0.005165	2	0.017282	4	2.294181	2	5.270131	4	0.0218*	2	0.0000*
				3	0.014517			3	4.080039			3	0.0000*
		5	0.001988	4	0.005612	5	1.228274	4	1.934851	5	0.2193	4	0.0530
				5	0.002107			5	1.016648			5	0.3093
<b>Crisis 2008/2009</b>		2	0.019705			2	4.231986			2	0.0000*		
		3	0.015085			3	2.666813			3	0.0077*		
		4	0.008990			4	1.741743			4	0.0816		
		5	0.005738			5	1.390428			5	0.1644		
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	0.013255	2	0.015175	2	4.994185	2	4.115306	2	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.011744			3	2.729272			3	0.0063*
		3	0.009833	4	0.007227	3	3.254168	4	1.915948	3	0.0011*	4	0.0554
				5	0.004659			5	1.607406			5	0.1080
	<b>2 13/15</b>	4	0.005785	2	0.008354	4	2.238352	2	2.193431	4	0.0252*	2	0.0283*
				3	0.005749			3	1.371145			3	0.1703
		5	0.003882	4	0.002997	5	2.003695	4	0.863894	5	0.0451*	4	0.3876
				5	0.002198			5	0.873571			5	0.3824

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

Tabla B.19: Test ratio varianza para RW3 sobre la serie de rendimientos del MEXBOL

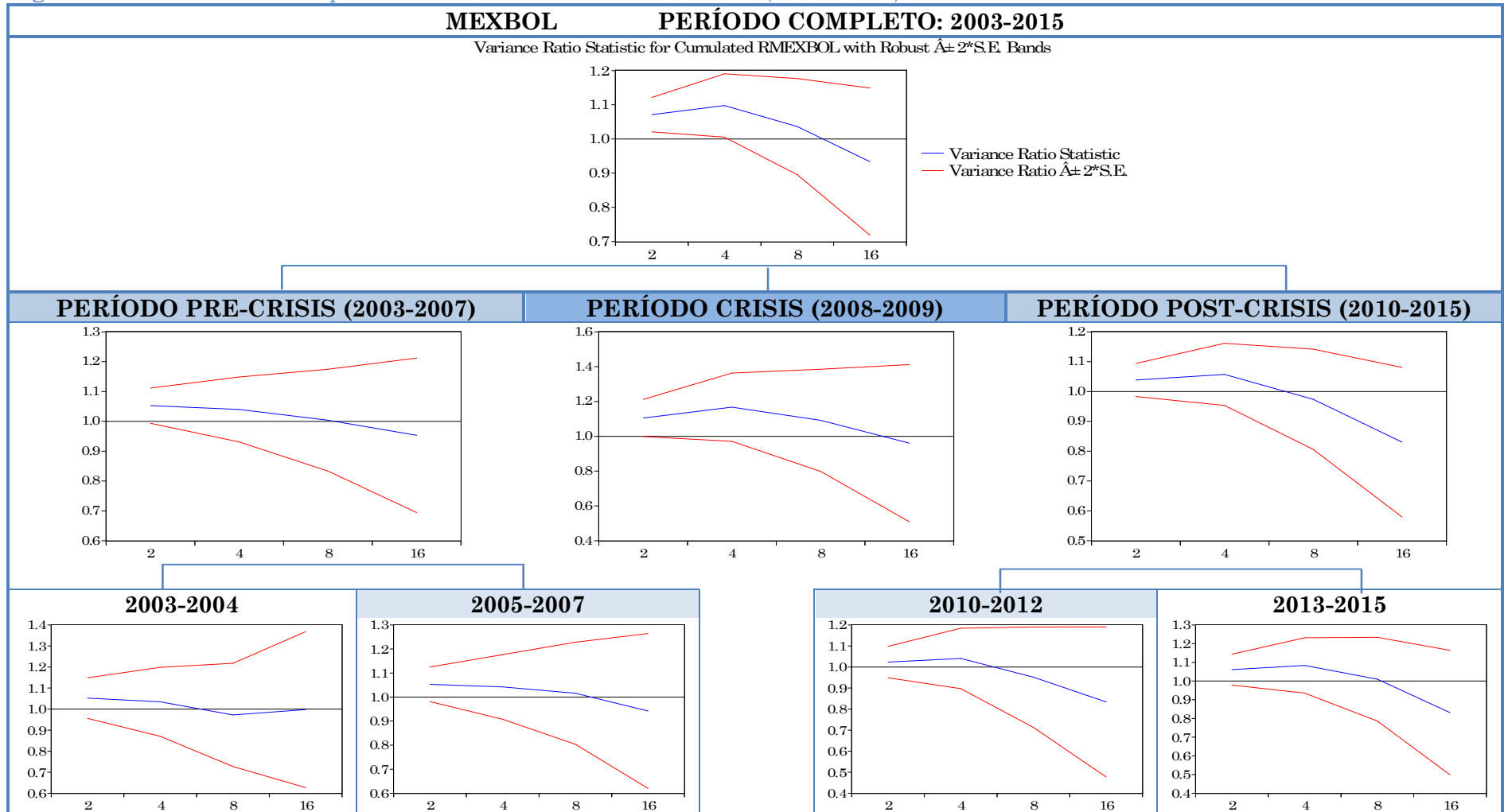
MEXBOL (México)		TEST RATIO VARIANZA (RW3)														
		$k$	$VR(k)$				$k$	$Estadístico Z$			$k$	$p$ -valor		$Test$ global		
Período completo 2003/2015		2	1.071192				2	2.834110			2	0.0046*		2.834110 (0.0183*)		
		4	1.097886				4	2.114938			4	0.0344*				
		8	1.036078				8	0.513432			8	0.6076				
		16	0.933520				16	-0.617753			16	0.5367				
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	1.052672	2	1.052331	2	1.782961	2	1.082294	2	0.0746	2	0.2791	1.782961 (0.2666)	1.082294 (0.7299)	
				4	1.034336			4	0.419260			4	0.6750			
		4	1.039846	8	0.972240	4	0.732654	8	-0.226172	4	0.4638	8	0.8211			1.472684 (0.4551)
				16	0.997438			16	-0.013814			16	0.9890			
	2 05/07	8	1.004030	2	1.052970	8	0.047237	2	1.472684	8	0.9623	2	0.1408			
				4	1.042194			4	0.627778			4	0.5301			
		16	0.953235	8	1.015864	16	-0.361377	8	0.149423	16	0.7178	8	0.8812			
				16	0.942002			16	-0.360074			16	0.7188			
Crisis 2007/2008		2	1.105019				2	1.971408			2	0.0487*		1.971408 (0.1809)		
		4	1.167032				4	1.703565			4	0.0885				
		8	1.091850				8	0.626187			8	0.5312				
		16	0.960569				16	-0.174709			16	0.8613				
Post-crisis 2010/2015	1 10/12	2	1.038581	2	1.023426	2	1.391006	2	0.628693	2	0.1642	2	0.5295	1.391006 (0.5121)	0.930850 (0.8236)	
				4	1.040670			4	0.566349			4	0.5712			
		4	1.057513	8	0.951588	4	1.104730	8	-0.405637	4	0.2693	8	0.6850			
				16	0.833999			16	-0.930850			16	0.3519			
	2 13/15	8	0.973916	2	1.060912	8	-0.310473	2	1.473358	8	0.7562	2	0.1407			
				4	1.083522			4	1.129589			4	0.2586			
		16	0.830355	8	1.009972	16	-1.353292	8	0.089020	16	0.1760	8	0.9291			
				16	0.831027			16	-1.014916			16	0.3101			

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia



**Figura B.6:** Test ratio varianza para RW3 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del MEXBOL



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.20:** Prueba de efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del MEXBOL

MEXBOL (México)		PRUEBA DE EFECTOS ARCH							
		<i>Orden de heterocedasticidad (q)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		104.8640 (0.0000*)		175.3685 (0.0000*)		182.6194 (0.0000*)		194.6651 (0.0000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	13.92716 (0.0002*)	16.33877 (0.0001*)	19.79586 (0.0001*)	18.94337 (0.0001*)	27.86555 (0.0000*)	18.84355 (0.0003*)	30.21869 (0.0000*)	20.43656 (0.0004*)
	<b>2</b> 05/07		4.666898 (0.0307*)		8.209842 (0.0165*)		12.99475 (0.0046*)		13.81751 (0.0079*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		11.72731 (0.0006*)		20.81976 (0.0000*)		20.88360 (0.0001*)		21.19468 (0.0003*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	10.94053 (0.0009*)	3.719647 (0.0538)	17.96476 (0.0001*)	9.272090 (0.0097*)	47.83227 (0.0000*)	27.89867 (0.0000*)	61.28978 (0.0000*)	45.48414 (0.0000*)
	<b>2</b> 13/15		12.01888 (0.0005*)		12.34651 (0.0021*)		20.41998 (0.0001*)		23.05125 (0.0001*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.21:** Test de Ljung-Box para analizar efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del MEXBOL

MEXBOL (México)		TEST DE LJUNG-BOX (efectos ARCH)							
		<i>Orden de correlación (k)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		104.95 (0.000*)		202.05 (0.000*)		229.47 (0.000*)		261.71 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	13.955 (0.000*)	16.389 (0.000*)	21.451 (0.000*)	17.275 (0.000*)	32.144 (0.000*)	17.560 (0.001*)	36.897 (0.000*)	19.068 (0.001*)
	<b>2</b> 05/07		4.6830 (0.030*)		8.8041 (0.012*)		14.758 (0.002*)		16.277 (0.003*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		11.789 (0.001*)		23.551 (0.000*)		23.821 (0.000*)		24.817 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	10.961 (0.001*)	3.7325 (0.053)	19.336 (0.000*)	9.8529 (0.007*)	53.547 (0.000*)	30.892 (0.000*)	73.719 (0.000*)	53.334 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		12.067 (0.001*)		12.810 (0.002*)		21.594 (0.000*)		22.538 (0.000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Tabla B.22:** Test de Ljung-Box sobre la serie de rendimientos del COLCAP

COLCAP (Colombia)		TEST DE LJUNG-BOX													
		Orden de correlación (k)													
		1		2		3		4		5		6		7	
<b>Período completo 2003/2015</b>		80.525 (0.000*)		86.818 (0.000*)		88.120 (0.000*)		89.687 (0.000*)		91.545 (0.000*)		93.685 (0.000*)		97.390 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	55.689 (0.000*)	26.324 (0.000*)	66.528 (0.000*)	28.343 (0.000*)	73.341 (0.000*)	29.213 (0.000*)	75.661 (0.000*)	29.281 (0.000*)	77.604 (0.000*)	31.219 (0.000*)	81.311 (0.000*)	32.348 (0.000*)	82.291 (0.000*)	32.523 (0.000*)
	<b>2</b> 05/07		31.867 (0.000*)		45.090 (0.000*)		53.090 (0.000*)		55.451 (0.000*)		56.275 (0.000*)		60.930 (0.000*)		62.132 (0.000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		3.0497 (0.081)		3.4786 (0.176)		5.0839 (0.166)		6.0916 (0.192)		6.5328 (0.258)		6.5385 (0.366)		6.5832 (0.474)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	10.530 (0.001*)	1.4394 (0.230)	10.655 (0.005*)	1.4398 (0.487)	13.568 (0.004*)	2.9098 (0.406)	14.085 (0.007*)	3.1217 (0.538)	14.924 (0.011*)	3.5666 (0.613)	16.706 (0.010*)	4.8143 (0.568)	32.498 (0.000*)	13.911 (0.053)
	<b>2</b> 13/15		13.167 (0.000*)		13.345 (0.001*)		14.531 (0.002*)		14.732 (0.005*)		19.755 (0.001*)		20.458 (0.002*)		28.144 (0.000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

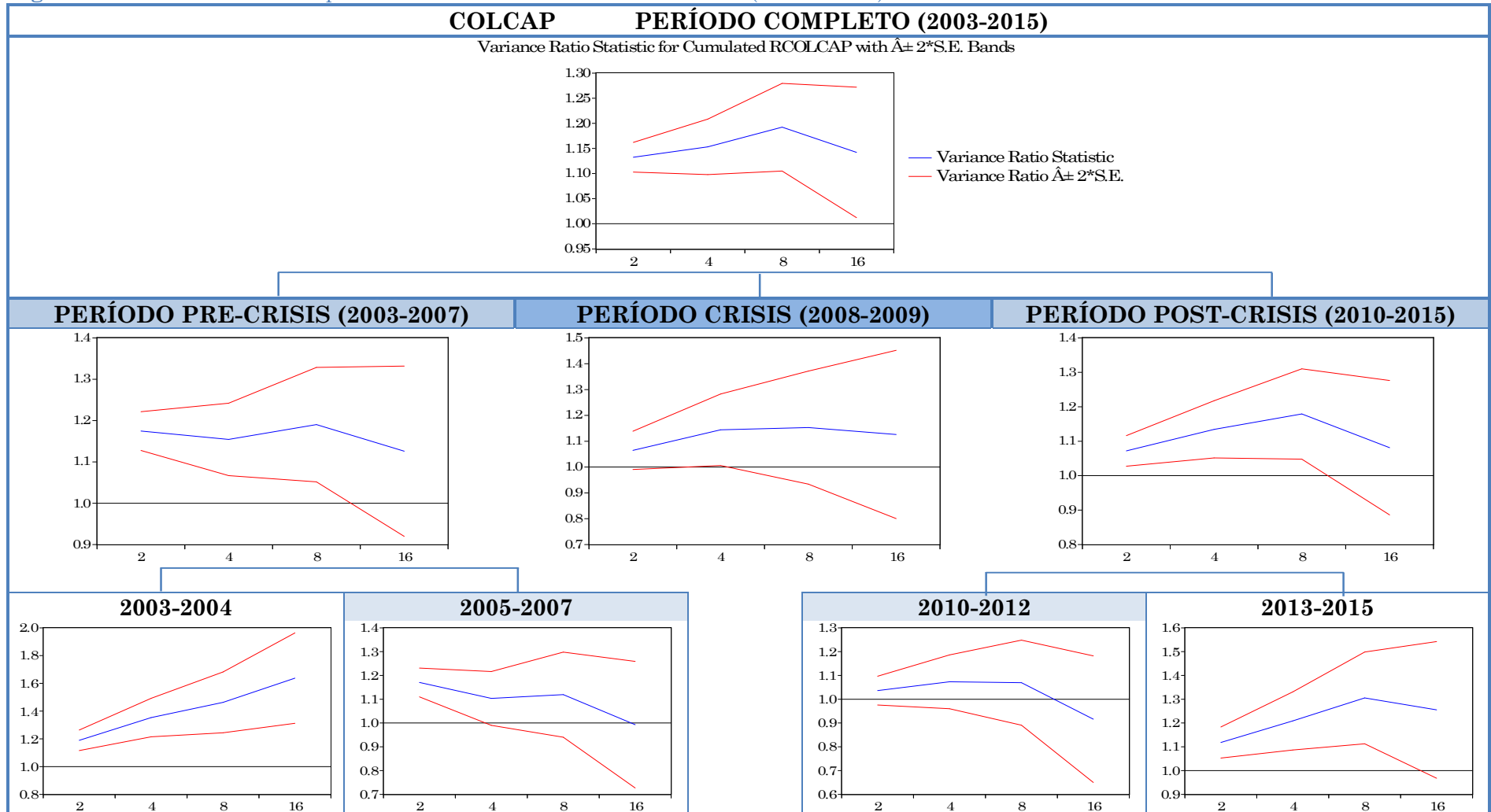
**Tabla B. 23:** Test ratio varianza para RW1 sobre la serie de rendimientos del COLCAP

COLCAP (Colombia)		TEST RATIO VARIANZA (RW1)														
		<i>k</i>	<i>VR(k)</i>				<i>k</i>	<i>Estadístico Z</i>				<i>k</i>	<i>p-valor</i>		<i>Test global</i>	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	1.132377				2	8.969436				2	0.0000*		8.969436 (0.0000*)	
		4	1.153145				4	5.546533				4	0.0000*			
		8	1.192267				8	4.404076				8	0.0000*			
		16	1.142029				16	2.186305				16	0.0288*			
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	1.174534	2	1.189454	2	7.456076	2	5.118778	2	0.0000*	2	0.0000*	7.456076 (0.0000*)	5.118778 (0.0000*)	
				4	1.353340			4	5.102934			4	0.0000*			
		4	1.154301	8	1.462865	4	3.523435	8	4.227769	4	0.0004*	8	0.0000*			
				16	1.637707			16	3.914367			16	0.0001*			
	<b>2 05/07</b>	8	1.190210	2	1.170362	8	2.747015	2	5.637408	8	0.0060*	2	0.0000*		5.637408 (0.0000*)	
				4	1.103310			4	1.827316			4	0.0677			
		16	1.125841	8	1.119148	16	1.221333	8	1.332876	16	0.2220	8	0.1826			
				16	0.992742			16	-0.054565			16	0.9565			
<b>Crisis 2007/2008</b>		2	1.064460				2	1.742797				2	0.0814		2.084386 (0.1404)	
		4	1.144229				4	2.084386				4	0.0371*			
		8	1.152857				8	1.397142				8	0.1624			
		16	1.126098				16	0.774542				16	0.4386			
<b>Post-crisis 2009/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	1.071784	2	1.036191	2	3.238255	2	1.198133	2	0.0012*	2	0.2309	3.241921 (0.0047*)	1.295380 (0.5805)	
				4	1.073203			4	1.295380			4	0.1952			
		4	1.134448	8	1.069425	4	3.241921	8	0.776991	4	0.0012*	8	0.4372			
				16	0.916136			16	-0.630754			16	0.5282			
	<b>2 13/15</b>	8	1.179043	2	1.117959	8	2.730457	2	3.614639	8	0.0063*	2	0.0003*		3.614639 (0.0012*)	
				4	1.208637			4	3.417353			4	0.0006*			
		16	1.081057	8	1.305412	16	0.830718	8	3.163846	16	0.4061	8	0.0016*			
				16	1.255095			16	1.775879			16	0.0758			

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

**Figura B.7:** Test ratio varianza para RW1 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del COLCAP



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.24:** Test de rachas (aleatoriedad) sobre la serie de rendimientos del COLCAP

COLCAP (Colombia)		TEST DE RACHAS									
		Valor de referencia		Número de observaciones		Número de rachas		Estadístico Z		p-valor	
<b>Período completo 2003/2015</b>		0.00043370		4591		1740		-11.090		0.000*	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.00098102	0.00133146	1825	730	659	245	-9.207	-7.194	0.000*	0.000*
	<b>2</b> 05/07		0.00074739		1095		411		-6.259		0.000*
<b>Crisis 2008/2009</b>		0.00034405		731		281		-4.030		0.000*	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	-0.00002493	0.00026762	2035	1096	823	443	-3.888	-3.779	0.000*	0.000*
	<b>2</b> 13/15		-0.00036641		939		377		-2.718		0.007*

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Tabla B.25:** Test BDS sobre la serie de rendimientos del COLCAP

COLCAP (Colombia)		TEST BDS											
		<i>m</i>	<i>Estadístico BDS</i>			<i>m</i>	<i>Estadístico Z</i>			<i>m</i>	<i>p-valor</i>		
Período completo 2003/2015		2	0.027447			2	14.16091			2	0.0000*		
		3	0.030311			3	12.09648			3	0.0000*		
		4	0.026255			4	10.79472			4	0.0000*		
		5	0.021747			5	10.51286			5	0.0000*		
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	0.035866	2	0.040966	2	11.94906	2	8.778238	2	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.042775			3	7.602651			3	0.0000*
		3	0.042483	4	0.036881	3	10.67238	4	7.238794	3	0.0000*	4	0.0000*
				5	0.030208			5	7.470808			5	0.0000*
	2 05/07	4	0.040321	2	0.032386	4	10.17572	2	8.432347	4	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.036876			3	7.160605			3	0.0000*
		5	0.036345	4	0.033828	5	10.51795	4	6.527154	5	0.0000*	4	0.0000*
				5	0.029816			5	6.525812			5	0.0000*
Crisis 2008/2009		2	0.020988			2	4.176885			2	0.0000*		
		3	0.018118			3	2.776579			3	0.0055*		
		4	0.009959			4	1.565223			4	0.1175		
		5	0.006810			5	1.252634			5	0.2103		
Post-crisis 2010/2015	1 10/12	2	0.017368	2	0.014443	2	6.210185	2	3.810202	2	0.0000*	2	0.0001*
				3	0.014036			3	3.183233			3	0.0015*
		3	0.016165	4	0.005993	3	4.966704	4	1.555172	3	0.0000*	4	0.1199
				5	0.002112			5	0.715299			5	0.4744
	2 13/15	4	0.009601	2	0.021569	4	3.373951	2	5.223001	4	0.0007*	2	0.0000*
				3	0.018552			3	3.854344			3	0.0001*
		5	0.005621	4	0.014117	5	2.577108	4	3.349302	5	0.0100*	4	0.0008*
				5	0.009896			5	3.058408			5	0.0022*

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

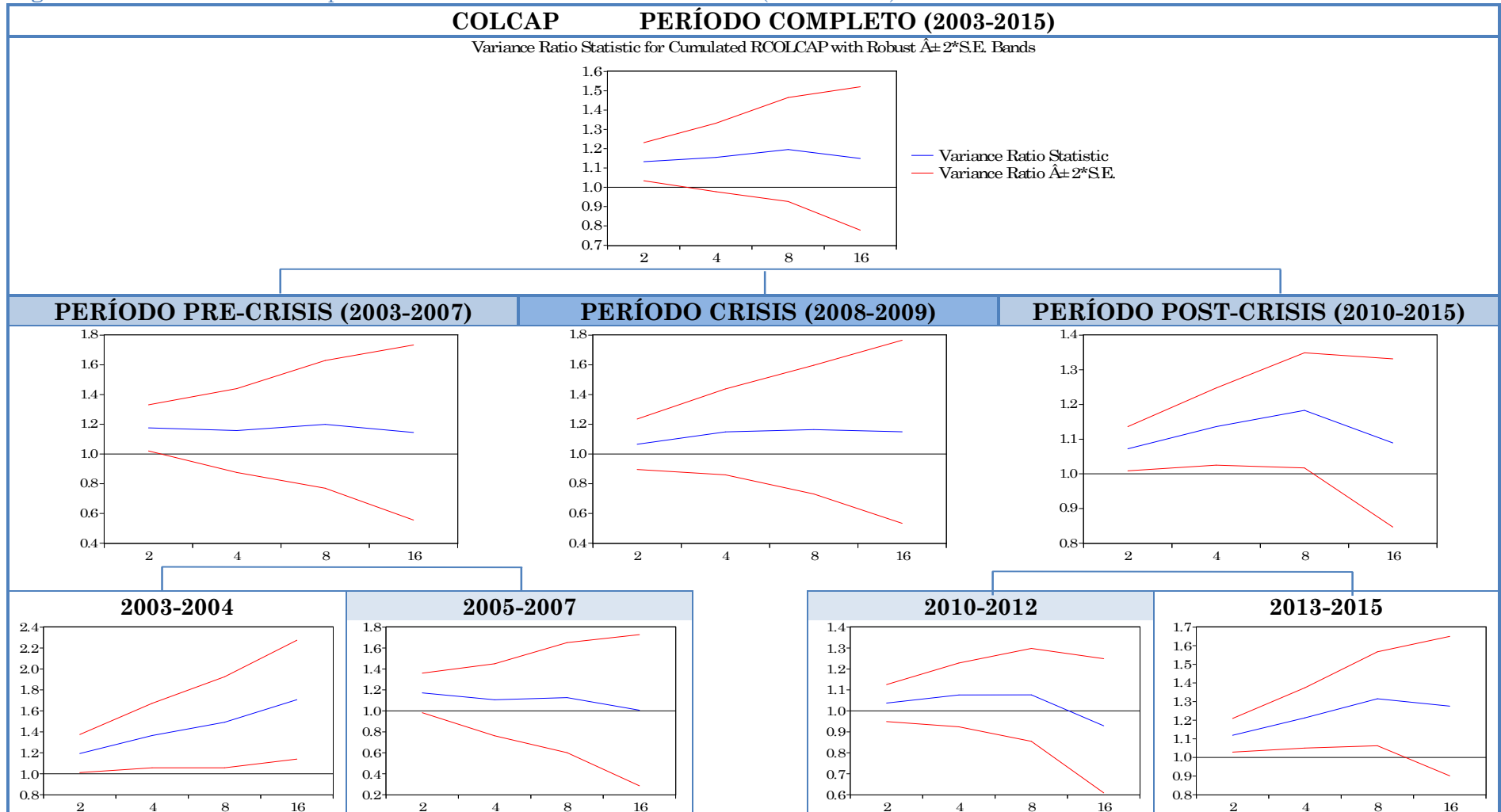
**Tabla B.26:** Test ratio varianza para RW3 sobre la serie de rendimientos del COLCAP

COLCAP (Colombia)		TEST RATIO VARIANZA (RW3)															
		<i>k</i>	<i>VR(k)</i>				<i>k</i>	<i>Estadístico Z</i>				<i>k</i>	<i>p-valor</i>		<i>Test global</i>		
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	1.132870				2	2.696038				2	0.0070*		2.696038 (0.0278*)		
		4	1.154653				4	1.743607				4	0.0812				
		8	1.195912				8	1.454352				8	0.1458				
		16	1.149529				16	0.805716				16	0.4204				
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	1.175822	2	1.192722	2	2.261871	2	2.120197	2	0.0237*	2	0.0340*	2.261871 (0.0915)	2.492876 (0.0497*)		
				4	1.364540			4	2.371394			4	0.0177*				
		4	1.158106	8	1.491348	4	1.120717	8	2.262631	4	0.2624	8	0.0237*			16	0.0127*
				16	1.707192			16	2.492876			16	0.0127*				
	<b>2 05/07</b>	8	1.199396	2	1.171433	8	0.928263	2	1.816979	8	0.3533	2	0.0692		1.816979 (0.2494)		
				4	1.106343			4	0.618781			4	0.5361				
		16	1.144584	8	1.126355	16	0.490714	8	0.481375	16	0.6236	8	0.6303				
				16	1.006543			16	0.018144			16	0.9855				
<b>Crisis 2007/2008</b>		2	1.065920				2	0.776808				2	0.4373		1.031209 (0.7632)		
		4	1.148951				4	1.031209				4	0.3024				
		8	1.164019				8	0.757030				8	0.4490				
		16	1.149722				16	0.486027				16	0.6269				
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	1.072311	2	1.037138	2	2.272529	2	0.840316	2	0.0231*	2	0.4007	2.446904 (0.0564)	0.999763 (0.7829)		
				4	1.076151			4	0.999763			4	0.3174				
		4	1.136124	8	1.076305	4	2.446904	8	0.688131	4	0.0144*	8	0.4914				
				16	0.928860			16	-0.444709			16	0.6565				
	<b>2 13/15</b>	8	1.183115	2	1.119152	8	2.205164	2	2.639831	8	0.0274*	2	0.0083*		2.639831 (0.0328)		
				4	1.212515			4	2.625179			4	0.0087*				
		16	1.089089	8	1.315227	16	0.734678	8	2.501243	16	0.4625	8	0.0124*				
				16	1.275492			16	1.472355			16	0.1409				

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Figura B.8:** Test ratio varianza para RW3 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del COLCAP



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.27:** Prueba de efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del COLCAP

COLCAP (Colombia)		PRUEBA DE EFECTOS ARCH							
		<i>Orden de heterocedasticidad (q)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		394.3458 (0.0000*)		472.0842 (0.0000*)		665.5161 (0.0000*)		675.5028 (0.0000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	154.0975 (0.0000*)	116.8993 (0.0000*)	189.8703 (0.0000*)	116.7089 (0.0000*)	286.3557 (0.0000*)	122.0714 (0.0000*)	286.6631 (0.0000*)	129.2653 (0.0000*)
	<b>2</b> 05/07		87.45122 (0.0000*)		109.5335 (0.0000*)		170.1385 (0.0000*)		170.1400 (0.0000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		65.66358 (0.0000*)		66.99361 (0.0000*)		67.37546 (0.0000*)		133.7843 (0.0000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	50.72990 (0.0000*)	40.39573 (0.0000*)	53.04451 (0.0000*)	40.82692 (0.0000*)	53.00579 (0.0000*)	43.91863 (0.0000*)	56.31580 (0.0000*)	47.32360 (0.0000*)
	<b>2</b> 13/15		12.49471 (0.0004*)		14.35950 (0.0008*)		17.76296 (0.0005*)		18.76497 (0.0009*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.28:** Test de Ljung-Box para analizar efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del COLCAP

COLCAP (Colombia)		TEST DE LJUNG-BOX (efectos ARCH)							
		Orden de correlación (k)							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		394.69 (0.000*)		598.15 (0.000*)		978.66 (0.000*)		1142.0 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	154.43 (0.000*)	117.52 (0.000*)	241.90 (0.000*)	135.76 (0.000*)	423.22 (0.000*)	150.60 (0.000*)	476.98 (0.000*)	174.67 (0.000*)
	<b>2</b> 05/07		87.766 (0.000*)		139.30 (0.000*)		250.36 (0.000*)		280.60 (0.000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		66.011 (0.000*)		78.885 (0.000*)		83.218 (0.000*)		160.22 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	50.825 (0.000*)	40.531 (0.000*)	57.852 (0.000*)	44.261 (0.000*)	58.071 (0.000*)	45.835 (0.000*)	61.861 (0.000*)	47.542 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		12.546 (0.000*)		15.717 (0.000*)		20.513 (0.000*)		22.830 (0.000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Tabla B.29:** Test de Ljung-Box sobre la serie de rendimientos del IGBVL

IGBVL (Perú)		TEST DE LJUNG-BOX													
		Orden de correlación (k)													
		1		2		3		4		5		6		7	
<b>Período completo 2003/2015</b>		67.220 (0.000*)		68.178 (0.000*)		71.059 (0.000*)		71.060 (0.000*)		96.372 (0.000*)		112.86 (0.000*)		114.72 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	35.128 (0.000*)	25.557 (0.000*)	35.809 (0.000*)	26.552 (0.000*)	39.846 (0.000*)	31.957 (0.000*)	40.736 (0.000*)	32.551 (0.000*)	42.070 (0.000*)	33.063 (0.000*)	45.023 (0.000*)	33.216 (0.000*)	45.025 (0.000*)	33.491 (0.000*)
	<b>2</b> 05/07		17.739 (0.000*)		17.993 (0.000*)		19.585 (0.000*)		19.979 (0.001*)		20.810 (0.001*)		23.082 (0.001*)		23.094 (0.002*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		17.603 (0.000*)		17.768 (0.000*)		18.405 (0.000*)		18.545 (0.001*)		24.078 (0.000*)		40.203 (0.000*)		40.321 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	5.1850 (0.023*)	0.9702 (0.325)	8.1458 (0.017*)	4.1892 (0.123)	8.4084 (0.038*)	4.9275 (0.177)	13.953 (0.007*)	12.248 (0.016*)	30.184 (0.000*)	22.207 (0.000*)	31.249 (0.000*)	22.615 (0.001*)	34.084 (0.000*)	26.990 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		10.166 (0.001*)		10.353 (0.006*)		10.883 (0.012*)		11.471 (0.022*)		15.452 (0.009*)		16.131 (0.013*)		17.853 (0.013*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.30:** Test ratio varianza para RW1 sobre la serie de rendimientos del IGBVL

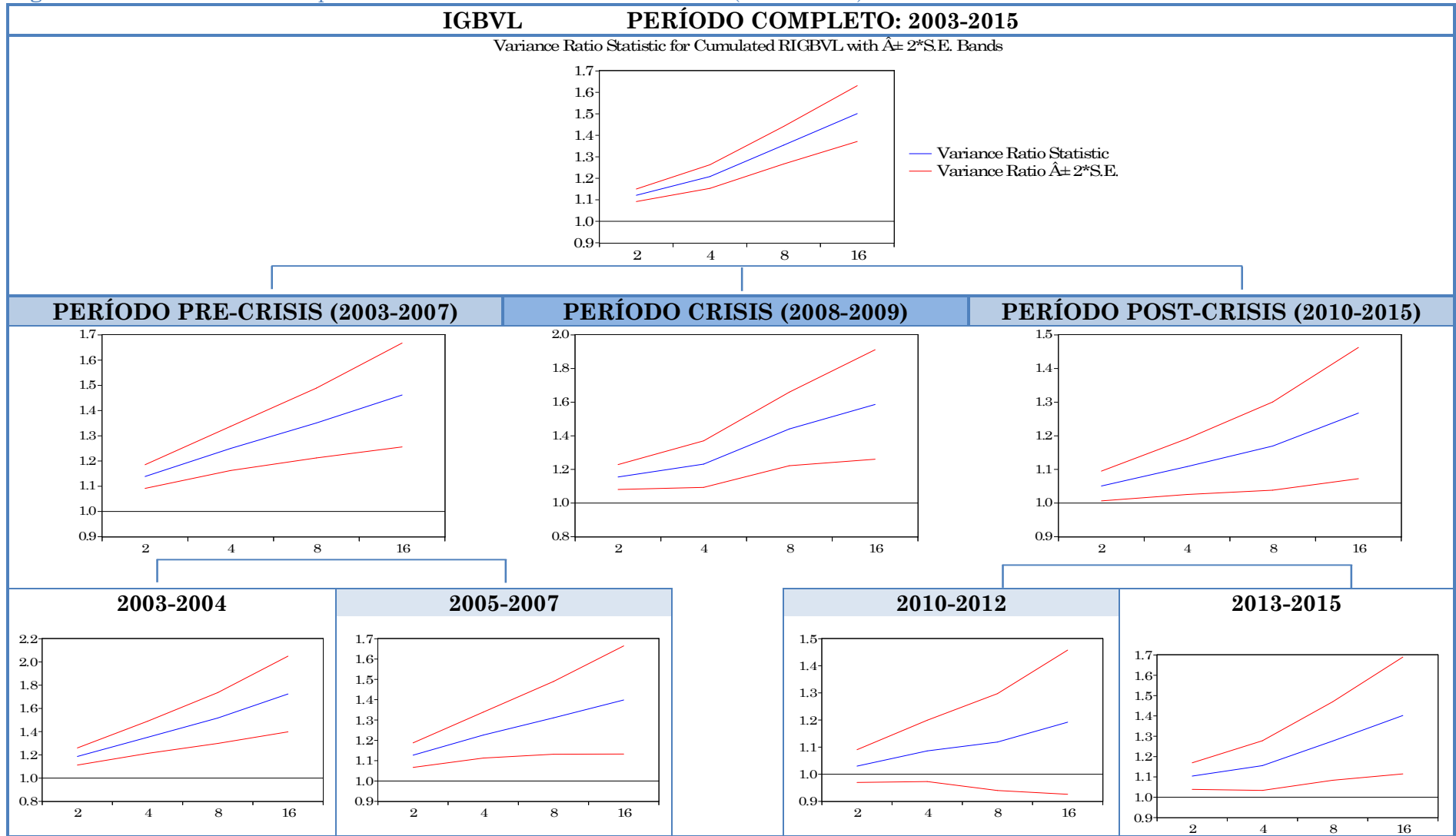
IGBVL (Perú)		TEST RATIO VARIANZA (RW1)														
		<i>k</i>	<i>VR(k)</i>				<i>k</i>	<i>Estadístico Z</i>				<i>k</i>	<i>p-valor</i>		<i>Test global</i>	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	1.120908				2	8.192340				2	0.0000*		8.192340 (0.0000*)	
		4	1.208146				4	7.538565				4	0.0000*			
		8	1.354149				8	8.112140				8	0.0000*			
		16	1.501154				16	7.714429				16	0.0000*			
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	1.138457	2	1.185855	2	5.914883	2	5.021520	2	0.0000*	2	0.0000*	5.914883 (0.0000*)	5.066395 (0.0000*)	
				4	1.350810			4	5.066395			4	0.0000*			
		4	1.249981	8	1.517281	4	5.708274	8	4.724801	4	0.0000*	8	0.0000*			
				16	1.724143			16	4.444929			16	0.0000*			
	<b>2 05/07</b>	8	1.350738	2	1.127118	8	5.065364	2	4.206420	8	0.0000*	2	0.0000*		4.206420 (0.0001*)	
				4	1.225794			4	3.993787			4	0.0001*			
		16	1.461810	8	1.310643	16	4.482024	8	3.475073	16	0.0000*	8	0.0005*			
				16	1.398418			16	2.995197			16	0.0027*			
<b>Crisis 2007/2008</b>		2	1.154665				2	4.181667				2	0.0000*		4.181667 (0.0001*)	
		4	1.231770				4	3.349516				4	0.0008*			
		8	1.440916				8	4.030055				8	0.0001*			
		16	1.586303				16	3.601306				16	0.0003*			
<b>Post-crisis 2009/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	1.050691	2	1.029967	2	2.286723	2	0.992079	2	0.0222*	2	0.3212	2.741886 (0.0242*)	1.521585 (0.4221)	
				4	1.085985			4	1.521585			4	0.1281			
		4	1.108421	8	1.118584	4	2.614346	8	1.327172	4	0.0089*	8	0.1845			
				16	1.191999			16	1.444057			16	0.1487			
	<b>2 13/15</b>	8	1.169445	2	1.104085	8	2.584081	2	3.189482	8	0.0098*	2	0.0014*		3.189482 (0.0057*)	
				4	1.155687			4	2.550071			4	0.0108*			
		16	1.267540	8	1.276372	16	2.741886	8	2.863013	16	0.0061*	8	0.0042*			
				16	1.402087			16	2.799190			16	0.0051*			

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Figura B.9:** Test ratio varianza para RW1 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IGBVL



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.31:** Test de rachas (aleatoriedad) sobre la serie de rendimientos del IGBVL

IGBVL (Perú)		TEST DE RACHAS									
		Valor de referencia (media)		Número de observaciones		Número de rachas		Estadístico Z		p-valor	
<b>Período completo 2003/2015</b>		0.00049271		4591		1792		-9.274		0.000*	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.00138788	0.00134304	1825	730	746	308	-4.670	-2.115	0.000*	0.034*
	<b>2</b> 05/07		0.00141778		1095		439		-4.298		0.000*
<b>Crisis 2007/2008</b>		-0.00029096		731		303		-2.452		0.014*	
<b>Post-crisis 2009/2015</b>	<b>1</b> 10/12	-0.00002858	0.00034286	2035	1096	729	416	-7.780	-5.505	0.000*	0.000*
	<b>2</b> 13/15		-0.00046212		939		315		-5.412		0.000*

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

**Tabla B.32:** Test BDS sobre la serie de rendimientos del IGBVL

IGBVL (Perú)		TEST BDS											
		<i>m</i>	<i>Estadístico BDS</i>			<i>m</i>	<i>Estadístico Z</i>			<i>m</i>	<i>p-valor</i>		
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	0.032248			2	16.19490			2	0.0000*		
		3	0.037003			3	14.30299			3	0.0000*		
		4	0.033750			4	13.37286			4	0.0000*		
		5	0.030510			5	14.14266			5	0.0000*		
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	0.029923	2	0.011643	2	10.20177	2	2.770240	2	0.0000*	2	0.0056*
				3	0.008389			3	1.753072			3	0.0796
		3	0.030464	4	0.004993	3	8.515905	4	1.219986	3	0.0000*	4	0.2225
				5	0.002942			5	0.958828			5	0.3376
	<b>2 05/07</b>	4	0.025808	2	0.035409	4	7.876424	2	9.433728	4	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.035692			3	7.947470			3	0.0000*
		5	0.021409	4	0.030871	5	8.139721	4	7.649035	5	0.0000*	4	0.0000*
				5	0.025901			5	8.148191			5	0.0000*
<b>Crisis 2008/2009</b>		2	0.039865			2	8.088781			2	0.0000*		
		3	0.042758			3	6.889256			3	0.0000*		
		4	0.038702			4	6.593374			4	0.0000*		
		5	0.035348			5	7.265669			5	0.0000*		
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	0.020558	2	0.023182	2	6.941735	2	6.042541	2	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.023766			3	4.934122			3	0.0000*
		3	0.021166	4	0.017668	3	5.664894	4	3.891140	3	0.0000*	4	0.0001*
				5	0.013740			5	3.663118			5	0.0002*
	<b>2 13/15</b>	4	0.016704	2	0.016232	4	4.718790	2	3.543951	4	0.0000*	2	0.0004*
				3	0.015998			3	2.826144			3	0.0047*
		5	0.013741	4	0.012851	5	4.675040	4	2.444949	5	0.0000*	4	0.0145*
				5	0.010716			5	2.505126			5	0.0122*

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

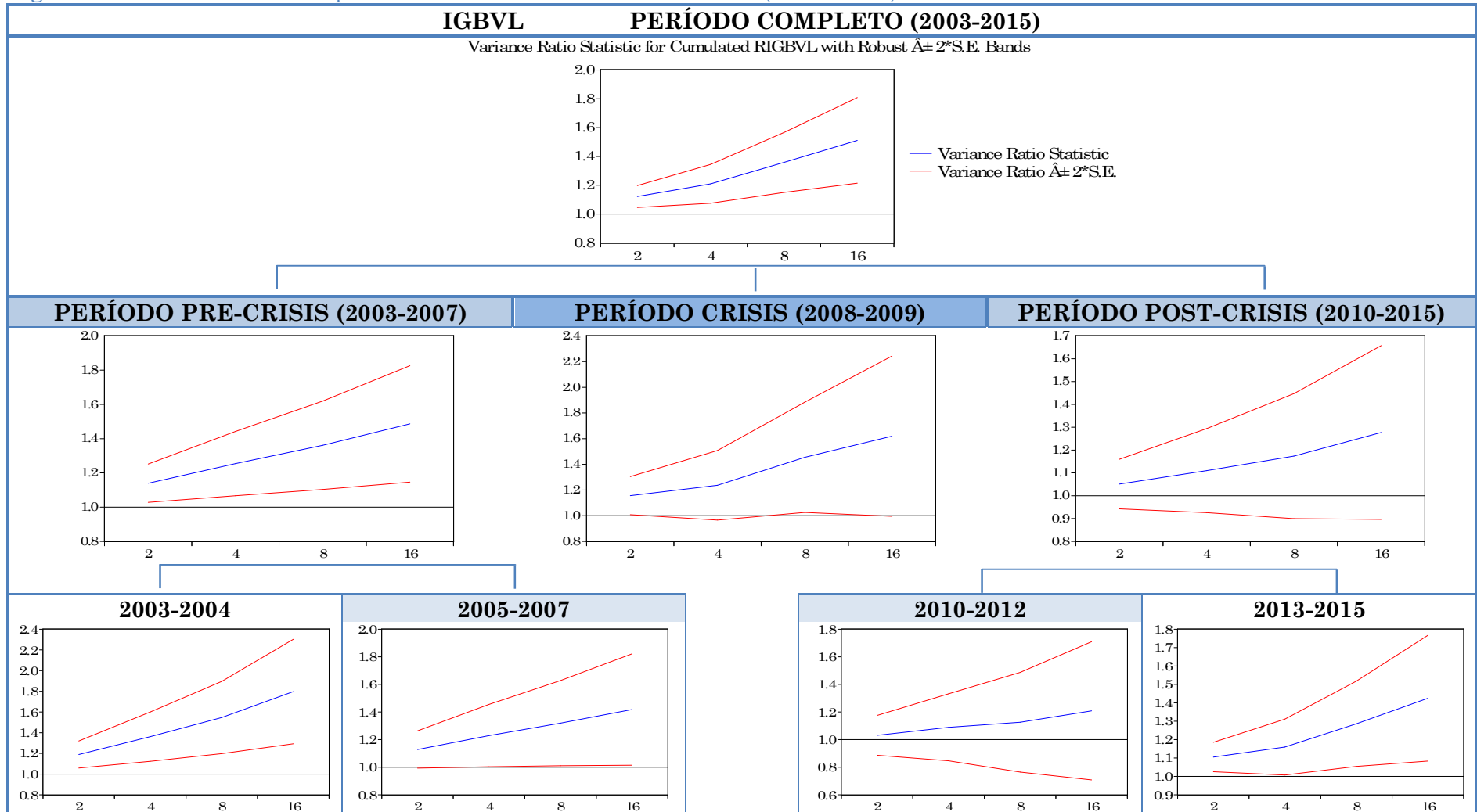
**Tabla B.33:** Test ratio varianza para RW3 sobre la serie de rendimientos del IGBVL

IGBVL (Perú)		TEST RATIO VARIANZA (RW3)														
		<i>k</i>	<i>VR(k)</i>				<i>k</i>	<i>Estadístico Z</i>				<i>k</i>	<i>p-valor</i>		<i>Test global</i>	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	1.121396				2	3.193048				2	0.0014*		3.445066 (0.0023*)	
		4	1.209727				4	3.102511				4	0.0019*			
		8	1.358288				8	3.445066				8	0.0006*			
		16	1.511012				16	3.438930				16	0.0006*			
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	1.139706	2	1.189113	2	2.496286	2	2.893548	2	0.0126*	2	0.0038*	2.860314 (0.0168*)	3.158654 (0.0063*)	
				4	1.361989			4	3.038103			4	0.0024*			
		4	1.254102	8	1.546824	4	2.704732	8	3.130197	4	0.0068*	8	0.0017*			
				16	1.797295			16	3.158654			16	0.0016*			
	<b>2 05/07</b>	8	1.361163	2	1.128149	8	2.797665	2	1.896617	8	0.0051*	2	0.0579			
				4	1.229164			4	2.030118			4	0.0423*			
		16	1.486146	8	1.319083	16	2.860314	8	2.066308	16	0.0042*	8	0.0388*			
				16	1.417859			16	2.071029			16	0.0384*			
<b>Crisis 2007/2008</b>		2	1.156248				2	2.108353				2	0.0350*		2.119530 (0.1294)	
		4	1.236853				4	1.749032				4	0.0803			
		8	1.454867				8	2.119530				8	0.0340*			
		16	1.619582				16	1.985627				16	0.0471*			
<b>Post-crisis 2009/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	1.051208	2	1.030908	2	0.941711	2	0.428772	2	0.3463	2	0.6681	1.456023 (0.4666)	0.832715 (0.8747)	
				4	1.088969			4	0.732866			4	0.4636			
		4	1.110059	8	1.125781	4	1.196165	8	0.696390	4	0.2316	8	0.4862			
				16	1.208555			16	0.832715			16	0.4050			
	<b>2 13/15</b>	8	1.173483	2	1.105263	8	1.267489	2	2.632322	8	0.2050	2	0.0085*			
				4	1.159396			4	2.101647			4	0.0356*			
		16	1.276957	8	1.285969	16	1.456023	8	2.467248	16	0.1454	8	0.0136*			
				16	1.424873			16	2.486475			16	0.0129*			

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Figura B.10:** Test ratio varianza para RW3 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IGBVL



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.34:** Prueba de efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IGBVL

IGBVL (Perú)		PRUEBA DE EFECTOS ARCH							
		Orden de heterocedasticidad (q)							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		421.0952 (0.0000*)		468.9433 (0.0000*)		655.6128 (0.0000*)		713.8495 (0.0000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	312.7661 (0.0000*)	48.77288 (0.0000*)	313.7927 (0.0000*)	68.33172 (0.0000*)	320.8515 (0.0000*)	69.25034 (0.0000*)	320.6628 (0.0000*)	70.58802 (0.0000*)
	<b>2</b> 05/07		188.6856 (0.0000*)		191.0853 (0.0000*)		195.5439 (0.0000*)		195.3686 (0.0000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		60.03264 (0.0000*)		71.73352 (0.0000*)		135.9038 (0.0000*)		143.8750 (0.0000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	102.2578 (0.0000*)	55.54941 (0.0000*)	106.2250 (0.0000*)	56.90588 (0.0000*)	108.1893 (0.0000*)	57.86697 (0.0000*)	171.2587 (0.0000*)	93.66275 (0.0000*)
	<b>2</b> 13/15		3.317176 (0.0686)		10.04148 (0.0066*)		10.14854 (0.0173*)		11.05219 (0.0260*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.35:** Test de Ljung-Box para analizar efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IGBVL

IGBVL (Perú)		TEST DE LJUNG-BOX (efectos ARCH)							
		<i>Orden de correlación (k)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		421.46 (0.000*)		585.85 (0.000*)		932.93 (0.000*)		1212.0 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	313.44 (0.000*)	49.033 (0.000*)	353.53 (0.000*)	86.335 (0.000*)	375.14 (0.000*)	98.232 (0.000*)	384.19 (0.000*)	98.920 (0.000*)
	<b>2</b> 05/07		189.34 (0.000*)		207.31 (0.000*)		216.68 (0.000*)		220.27 (0.000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		60.350 (0.000*)		90.967 (0.000*)		192.20 (0.000*)		247.27 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	102.45 (0.000*)	55.748 (0.000*)	120.34 (0.000*)	63.857 (0.000*)	127.95 (0.000*)	67.416 (0.000*)	205.61 (0.000*)	110.57 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		3.3305 (0.068)		10.552 (0.005*)		10.914 (0.012*)		12.345 (0.015*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia





**Tabla B.36:** Test de Ljung-Box sobre la serie de rendimientos del IBOV

IBOV (Brasil)		TEST DE LJUNG-BOX													
		Orden de correlación ( <i>k</i> )													
		1		2		3		4		5		6		7	
<b>Período completo 2003/2015</b>		1.1669 (0.280)		1.1734 (0.556)		4.6688 (0.198)		9.4927 (0.050)		12.422 (0.029*)		12.454 (0.053)		12.580 (0.083)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.0649 (0.799)	0.0043 (0.948)	0.0666 (0.967)	0.3100 (0.856)	0.0804 (0.994)	0.7854 (0.853)	5.8615 (0.210)	0.9455 (0.918)	5.9229 (0.314)	2.1740 (0.825)	7.2082 (0.302)	2.2458 (0.896)	7.2113 (0.407)	2.2570 (0.944)
	<b>2</b> 05/07		0.1654 (0.684)		0.4547 (0.797)		1.0616 (0.786)		9.3079 (0.054)		9.7321 (0.083)		11.326 (0.079)		11.326 (0.125)
<b>Crisis 2007/2008</b>		0.7056 (0.401)		0.7057 (0.703)		2.5636 (0.464)		4.5136 (0.341)		7.1346 (0.211)		7.6614 (0.264)		7.8551 (0.346)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	0.3094 (0.578)	0.2083 (0.648)	0.3159 (0.854)	0.2894 (0.865)	2.3677 (0.500)	1.5545 (0.670)	2.9614 (0.564)	1.5550 (0.817)	3.0755 (0.688)	1.5711 (0.905)	3.0755 (0.799)	1.7805 (0.939)	3.2097 (0.865)	5.6494 (0.581)
	<b>2</b> 13/15		0.1085 (0.742)		0.2851 (0.867)		1.0980 (0.778)		2.2995 (0.681)		2.4718 (0.781)		2.6680 (0.849)		5.2202 (0.633)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

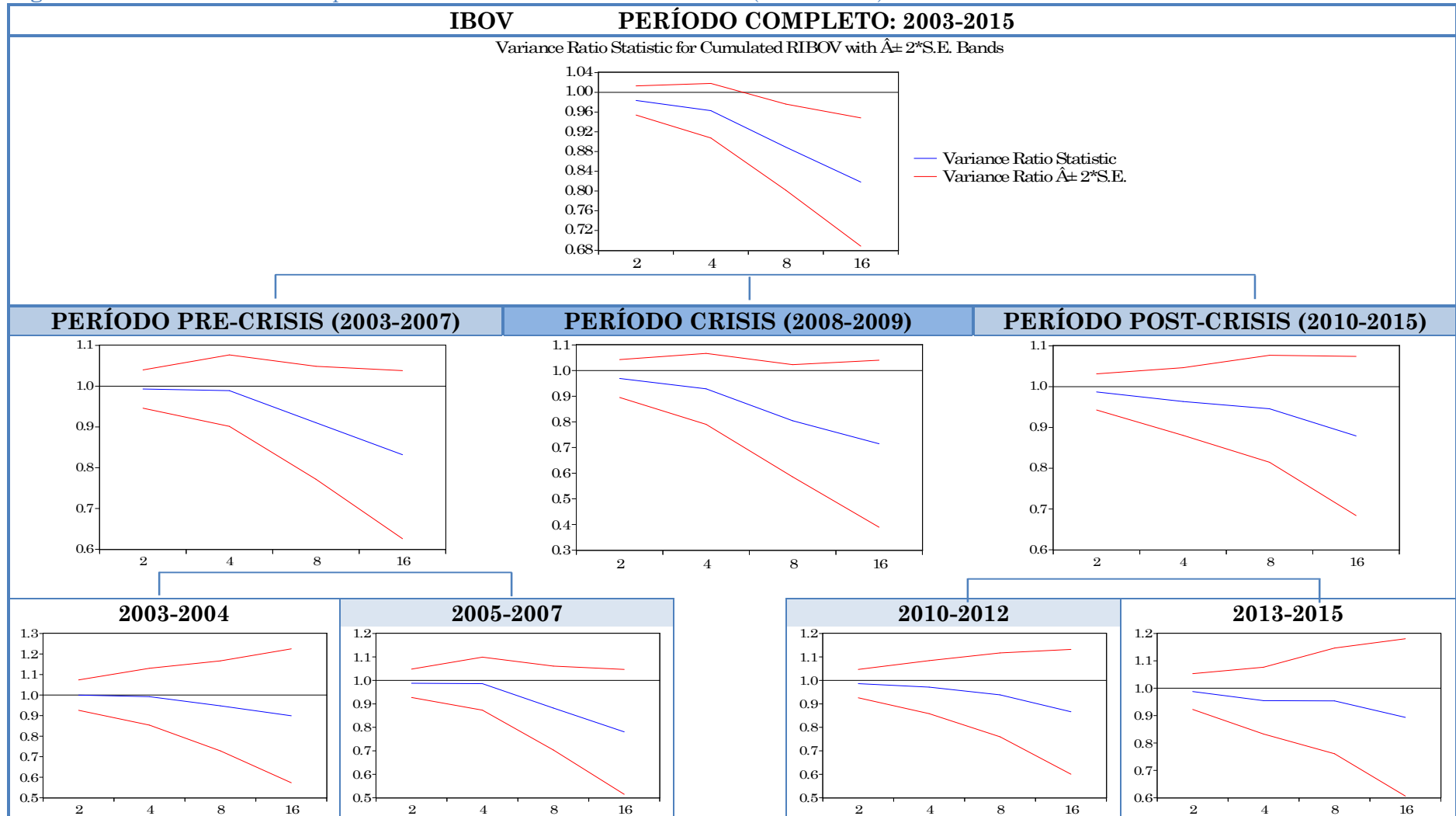
Tabla B.37: Test ratio varianza para RW1 sobre la serie de rendimientos del IBOV

IBOV (Brasil)		TEST RATIO VARIANZA (RW1)														
		$k$	$VR(k)$				$k$	$Estadístico Z$				$k$	$p$ -valor		$Test\ global$	
Período completo 2003/2015		2	0.983463				2	-1.120519				2	0.2625		2.798915 (0.0204*)	
		4	0.962761				4	-1.348704				4	0.1774			
		8	0.888891				8	-2.545071				8	0.0109*			
		16	0.818174				16	-2.798915				16	0.0051*			
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	0.992829	2	0.999574	2	-0.306325	2	-0.011517	2	0.7594	2	0.9908	1.632088 (0.3516)	0.619622 (0.9535)	
			4	0.992055	4			-0.114739	4			0.9087				
		4	0.988968	8	0.947315	4	-0.251913	8	-0.481225	4	0.8011	8	0.6304			
				16	0.899055			16	-0.619622			16	0.5355			
	2 05/07	8	0.910257	2	0.987730	8	-1.296074	2	-0.406023	8	0.1949	2	0.6847		1.648864 (0.3415)	
				4	0.986103			4	-0.245804			4	0.8058			
		16	0.831836	8	0.882125	16	-1.632088	8	-1.318640	16	0.1027	8	0.1873			
				16	0.780670			16	-1.648864			16	0.0992			
Crisis 2007/2008		2	0.968994				2	-0.838298				2	0.4019		1.788018 (0.2640)	
		4	0.928612				4	-1.031690				4	0.3022			
		8	0.804378				8	-1.788018				8	0.0738			
		16	0.714715				16	-1.752331				16	0.0797			
Post-crisis 2009/2015	1 10/12	2	0.987043	2	0.986232	2	-0.584504	2	-0.455801	2	0.5589	2	0.6485	1.239554 (0.6205)	1.006973 (0.7785)	
			4	0.971207	4			-0.509509	4			0.6104				
		4	0.963555	8	0.938354	4	-0.878785	8	-0.689935	4	0.3795	8	0.4902			
				16	0.866115			16	-1.006973			16	0.3139			
	2 13/15	8	0.945736	2	0.987901	8	-0.827548	2	-0.370760	8	0.4079	2	0.7108		0.742838 (0.9134)	
				4	0.954648			4	-0.742838			4	0.4576			
		16	0.879050	8	0.953778	16	-1.239554	8	-0.478821	16	0.2151	8	0.6321			
				16	0.893402			16	-0.742099			16	0.4580			

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

**Figura B.11:** Test ratio varianza para RW1 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IBOV



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.38:** Test de rachas (aleatoriedad) sobre la serie de rendimientos del IBOV

IBOV (Brasil)		TEST DE RACHAS									
		Valor de referencia (media)		Número de observaciones		Número de rachas		Estadístico Z		p-valor	
<b>Período completo 2003/2015</b>		0.00032301		4591		1993		-2.959		0.003*	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.00095073	0.00115562	1825	730	818	328	-1.327	-1.055	0.185	0.292
	<b>2</b> 05/07		0.00081414		1095		491		-0.841		0.401
<b>Crisis 2007/2008</b>		0.00009715		731		317		-1.710		0.087	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	-0.00015880	-0.00010770	2035	1096	865	447	-2.616	-2.905	0.009*	0.004*
	<b>2</b> 13/15		-0.00021845		939		421		-0.577		0.564

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

Tabla B.39: Test BDS sobre la serie de rendimientos del IBOV

IBOV (Brasil)		TEST BDS											
		<i>m</i>	<i>Estadístico BDS</i>			<i>m</i>	<i>Estadístico Z</i>			<i>m</i>	<i>p-valor</i>		
Período completo 2003/2015		2	0.007368			2	4.329043			2	0.0000*		
		3	0.003657			3	1.901053			3	0.0573		
		4	-6.56E-05			4	-0.040191			4	0.9679		
		5	-0.001049			5	-0.863009			5	0.3881		
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	0.003681	2	0.003666	2	1.500252	2	0.962101	2	0.1335	2	0.3360
				3	-0.000333			3	-0.084272			3	0.9328
		3	0.000350	4	-0.002922	3	0.137062	4	-0.950410	3	0.8910	4	0.3419
				5	-0.002945			5	-1.403036			5	0.1606
	2 05/07	4	-0.002546	2	0.005304	4	-1.274362	2	1.641490	4	0.2025	2	0.1007
				3	0.002556			3	0.752187			3	0.4519
		5	-0.002485	4	-0.001410	5	-1.813923	4	-0.525003	5	0.0697	4	0.5996
				5	-0.001854			5	-0.996025			5	0.3192
Crisis 2008/2009		2	0.020192			2	4.155865			2	0.0000*		
		3	0.016802			3	2.823812			3	0.0047*		
		4	0.010568			4	1.930963			4	0.0535		
		5	0.005250			5	1.189827			5	0.2341		
Post-crisis 2010/2015	1 10/12	2	0.004256	2	0.008944	2	1.761130	2	2.627972	2	0.0782	2	0.0086*
				3	0.003600			3	0.970953			3	0.3316
		3	2.02E-05	4	-0.001265	3	0.007858	4	-0.416929	3	0.9937	4	0.6767
				5	-0.002287			5	-1.050148			5	0.2937
	2 13/15	4	-0.001925	2	-8.82E-05	4	-0.933486	2	-0.025698	4	0.3506	2	0.9795
				3	-0.003164			3	-0.884106			3	0.3766
		5	-0.001807	4	-0.002563	5	-1.248198	4	-0.914155	5	0.2120	4	0.3606
				5	-0.001486			5	-0.771453			5	0.4404

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

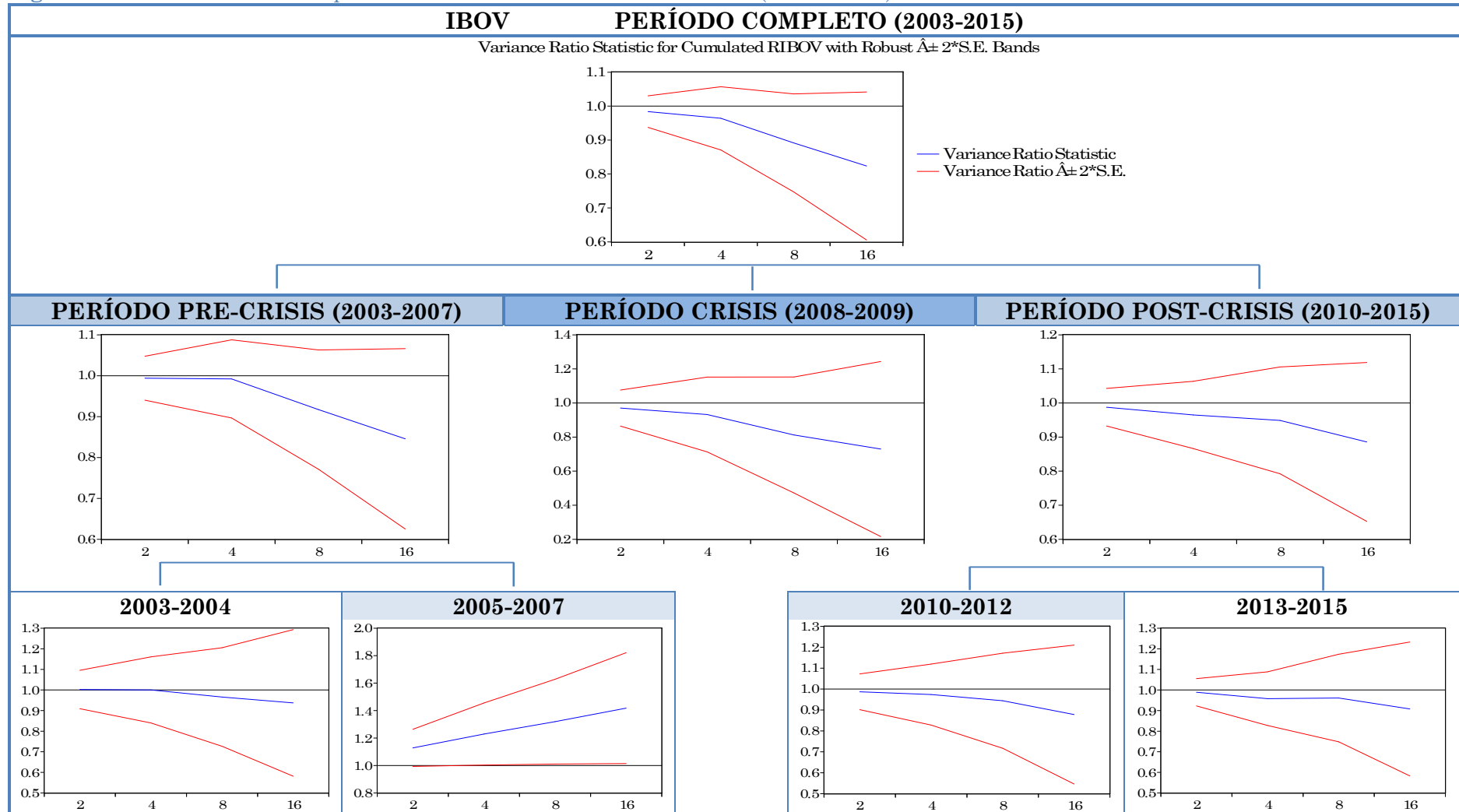
**Tabla B.40:** Test ratio varianza para RW3 sobre la serie de rendimientos del IBOV

IBOV (Brasil)		TEST RATIO VARIANZA (RW3)														
		<i>k</i>	<i>VR(k)</i>				<i>k</i>	<i>Estadístico Z</i>				<i>k</i>	<i>p-valor</i>		<i>Test global</i>	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	0.983891				2	-0.694175				2	0.4876		1.618435 (0.3600)	
		4	0.964021				4	-0.773109				4	0.4395			
		8	0.891608				8	-1.500388				8	0.1335			
		16	0.823547				16	-1.618435				16	0.1056			
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	0.993919	2	1.002320	2	-0.226673	2	0.049846	2	0.8207	2	0.9602	1.399427 (0.5061)	0.352825 (0.9942)	
			4	1.000265	4			0.003305	4			0.9974				
		4	0.992228	8	0.965760	4	-0.162647	8	-0.286162	4	0.8708	8	0.7748			
				16	0.937200			16	-0.352825			16	0.7242			
	<b>2 05/07</b>	8	0.917282	2	0.988634	8	-1.134858	2	-0.357526	8	0.2564	2	0.7207		1.490853 (0.4427)	
				4	0.988815			4	-0.191198			4	0.8484			
		16	0.845684	8	0.887805	16	-1.399427	8	-1.231183	16	0.1617	8	0.2183			
				16	0.791522			16	-1.490853			16	0.1360			
<b>Crisis 2007/2008</b>		2	0.970324				2	-0.562148				2	0.5740		1.103708 (0.7156)	
		4	0.932444				4	-0.615748				4	0.5381			
		8	0.812166				8	-1.103708				8	0.2697			
		16	0.729709				16	-1.051813				16	0.2929			
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	0.987528	2	0.987134	2	-0.453123	2	-0.301273	2	0.6505	2	0.7632	0.981138 (0.7943)	0.733827 (0.9169)	
			4	0.973876	4			-0.358165	4			0.7202				
		4	0.964979	8	0.944391	4	-0.709772	8	-0.489310	4	0.4778	8	0.6246			
				16	0.878144			16	-0.733827			16	0.4631			
	<b>2 13/15</b>	8	0.949002	2	0.988955	8	-0.651482	2	-0.332811	8	0.5147	2	0.7393		0.649567 (0.9451)	
				4	0.957711			4	-0.649567			4	0.5160			
		16	0.885581	8	0.960950	16	-0.981138	8	-0.367672	16	0.3265	8	0.7131			
				16	0.907921			16	-0.566348			16	0.5712			

\* Significativo, al menos al, 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Figura B.12:** Test ratio varianza para RW3 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IBOV



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.41:** Prueba de efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IBOV

IBOV (Brasil)		PRUEBA DE EFECTOS ARCH							
		<i>Orden de heterocedasticidad (q)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		85.18813 (0.0000*)		372.7830 (0.0000*)		377.5690 (0.0000*)		382.0469 (0.0000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	9.915582 (0.0016*)	13.96630 (0.0002*)	10.19128 (0.0061*)	15.51533 (0.0004*)	10.86643 (0.0125*)	15.41703 (0.0015*)	10.80962 (0.0288*)	15.36542 (0.0040*)
	<b>2</b> 05/07		0.661415 (0.4161)		0.752411 (0.6865)		2.234687 (0.5251)		2.159325 (0.7065)
<b>Crisis 2007/2008</b>		9.235508 (0.0024*)		72.00243 (0.0000*)		71.98464 (0.0000*)		72.11511 (0.0000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	19.37729 (0.0000*)	23.48098 (0.0000*)	19.74131 (0.0000*)	24.19277 (0.0000*)	30.43937 (0.0000*)	29.83525 (0.0000*)	70.60781 (0.0000*)	63.23158 (0.0000*)
	<b>2</b> 13/15		0.069565 (0.7920)		5.432686 (0.0661)		13.44327 (0.0038*)		19.15050 (0.0007*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Tabla B.42:** Test de Ljung-Box para analizar efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IBOV

IBOV (Brasil)		TEST DE LJUNG-BOX (efectos ARCH)							
		<i>Orden de correlación (k)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		85.247 (0.000*)		411.64 (0.000*)		450.76 (0.000*)		506.31 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	9.9211 (0.002*)	13.993 (0.000*)	9.9437 (0.007*)	14.373 (0.001*)	10.734 (0.013*)	14.379 (0.002*)	10.776 (0.029*)	14.380 (0.006*)
	<b>2</b> 05/07		0.6636 (0.415)		0.7797 (0.677)		2.2142 (0.529)		2.2936 (0.682)
<b>Crisis 2007/2008</b>		9.2834 (0.000*)		77.291 (0.000*)		80.886 (0.000*)		85.756 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	19.409 (0.000*)	23.561 (0.000*)	20.542 (0.000*)	23.586 (0.000*)	32.323 (0.000*)	28.481 (0.000*)	80.600 (0.000*)	69.557 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		0.0698 (0.792)		5.4347 (0.066)		13.659 (0.003*)		20.337 (0.000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Tabla B.43:** Test de Ljung-Box sobre la serie de rendimientos del Merval

Merval (Argentina)		TEST DE LJUNG-BOX													
		Orden de correlación (k)													
		1		2		3		4		5		6		7	
<b>Período completo 2003/2015</b>		0.1027 (0.749)		0.9165 (0.632)		17.659 (0.001*)		18.651 (0.001*)		19.083 (0.002*)		22.894 (0.001*)		32.734 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.5615 (0.454)	0.5765 (0.448)	0.8291 (0.661)	1.0988 (0.577)	2.9558 (0.398)	2.8503 (0.415)	2.9968 (0.558)	2.8529 (0.583)	5.6027 (0.347)	3.7753 (0.582)	6.0734 (0.415)	3.8341 (0.699)	6.1741 (0.520)	5.8979 (0.552)
	<b>2</b> 05/07		0.0621 (0.803)		0.0702 (0.966)		2.8503 (0.415)		0.4472 (0.978)		1.9861 (0.851)		2.6464 (0.852)		5.0200 (0.658)
<b>Crisis 2007/2008</b>		0.0059 (0.939)		6.4080 (0.041*)		11.911 (0.008*)		13.524 (0.009*)		14.032 (0.015*)		19.087 (0.004*)		22.843 (0.002*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	0.8299 (0.362)	3.2672 (0.071)	1.5689 (0.456)	4.1502 (0.126)	9.2688 (0.026*)	4.9227 (0.178)	9.2791 (0.054)	4.9788 (0.289)	10.056 (0.074)	8.2273 (0.144)	11.279 (0.080)	8.5247 (0.202)	20.798 (0.004*)	9.8564 (0.197)
	<b>2</b> 13/15		0.0221 (0.882)		2.6402 (0.267)		9.0625 (0.028*)		9.1709 (0.057)		9.1711 (0.102)		11.413 (0.076)		19.940 (0.006*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

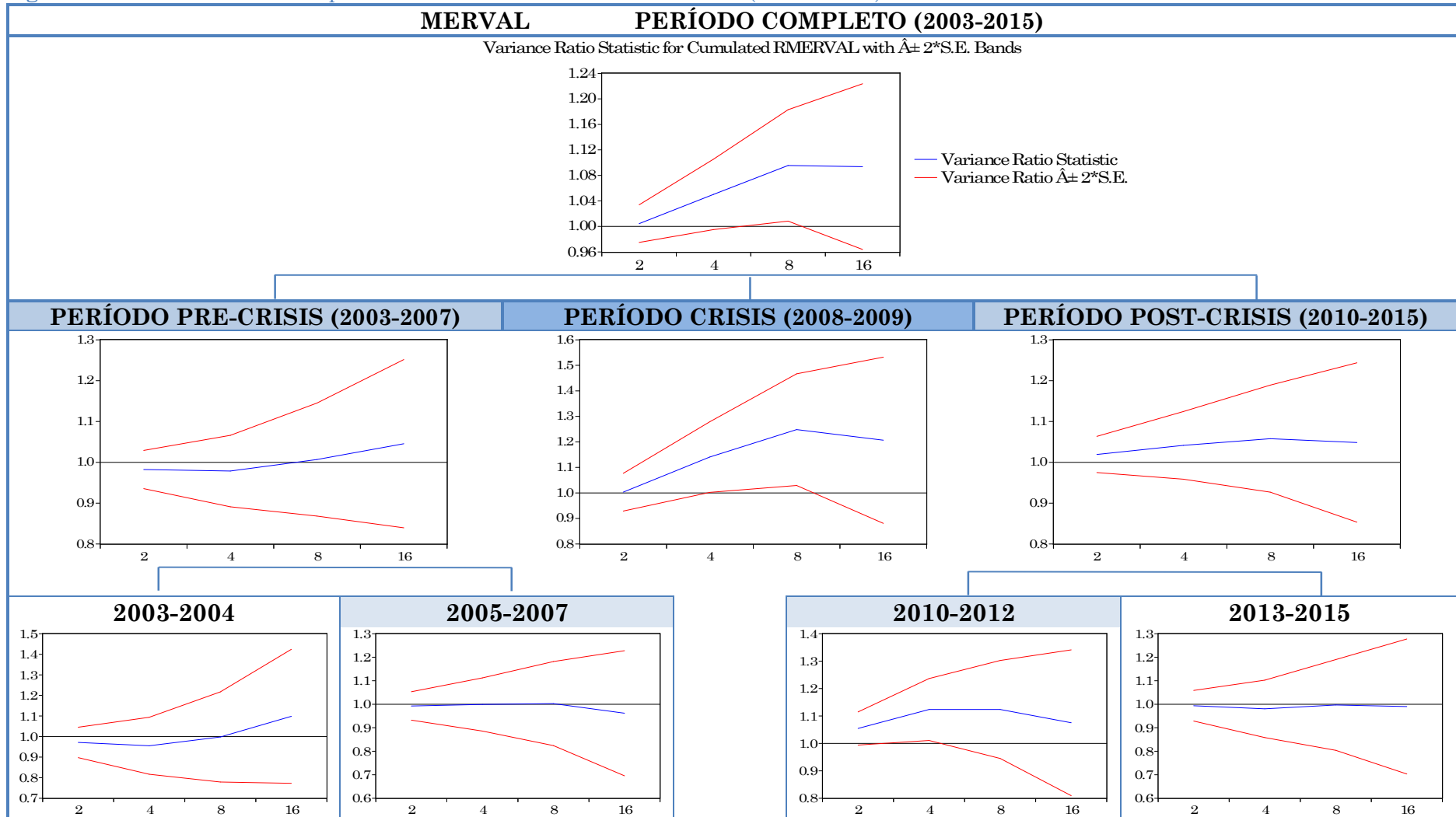
Tabla B.44: Test ratio varianza para RW1 sobre la serie de rendimientos del Merval

Merval (Argentina)		TEST RATIO VARIANZA (RW1)														
		<i>k</i>	<i>VR(k)</i>				<i>k</i>	<i>Estadístico Z</i>				<i>k</i>	<i>p-valor</i>		<i>Test global</i>	
Período completo 2003/2015		2	1.004273				2	0.289505				2	0.7722		2.189584 (0.1094)	
		4	1.050316				4	1.822328				4	0.0684			
		8	1.095590				8	2.189584				8	0.0286*			
		16	1.093701				16	1.442371				16	0.1492			
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	0.982356	2	0.971544	2	-0.753769	2	-0.768828	2	0.4510	2	0.4420	0.753769 (0.9091)	0.768828 (0.9030)	
				4	0.955094			4	-0.648532			4	0.5166			
		4	0.978486	8	0.998044	4	-0.491259	8	-0.017869	4	0.6232	8	0.9857			
				16	1.098415			16	0.604093			16	0.5458			
	2 05/07	8	1.006758	2	0.992651	8	0.097598	2	-0.243199	8	0.9223	2	0.8079		0.288503 (0.9973)	
				4	0.999152			4	-0.014991			4	0.9880			
		16	1.045488	8	1.002818	16	0.441473	8	0.031519	16	0.6589	8	0.9749			
				16	0.961624			16	-0.288503			16	0.7730			
Crisis 2007/2008		2	1.002825				2	0.076367				2	0.9391		2.267740 (0.0902)	
		4	1.140598				4	2.031900				4	0.0422*			
		8	1.248107				8	2.267740				8	0.0233*			
		16	1.206370				16	1.267607				16	0.2049			
Post-crisis 2009/2015	1 10/12	2	1.019226	2	1.054524	2	0.867289	2	1.805081	2	0.3858	2	0.0711	1.002064 (0.7815)	2.188164 (0.1098)	
				4	1.123654			4	2.188164			4	0.0287*			
		4	1.041557	8	1.123715	4	1.002064	8	1.384602	4	0.3163	8	0.1662			
				16	1.075216			16	0.565709			16	0.5716			
	2 13/15	8	1.057891	2	0.993641	8	0.882859	2	-0.194865	8	0.3773	2	0.8455		0.322133 (0.9959)	
				4	0.980333			4	-0.322133			4	0.7474			
		16	1.048491	8	0.996871	16	0.496960	8	-0.032419	16	0.6192	8	0.9741			
				16	0.990281			16	-0.067658			16	0.9461			

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

**Figura B.13:** Test ratio varianza para RW1 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del Merval



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.45:** Test de rachas (aleatoriedad) sobre la serie de rendimientos del Merval

Merval (Argentina)		TEST DE RACHAS									
		Valor de referencia (media)		Número de observaciones		Número de rachas		Estadístico Z		p-valor	
<b>Período completo 2003/2015</b>		0.00066152		4591		1948		-4.821		0.000*	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.00077300	0.00131942	1825	730	807	323	-1.858	-1.165	0.063	0.244
	<b>2</b> 05/07		0.00040872		1095		491		-1.192		0.233
<b>Crisis 2008/2009</b>		0.00010343		731		299		-3.033		0.002*	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	0.00076202	0.00018881	2035	1096	836	443	-4.043	-3.562	0.000*	0.000*
	<b>2</b> 13/15		0.00143107		939		404		-1.754		0.079

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.46:** Test BDS sobre la serie de rendimientos del Merval

Merval (Argentina)		TEST BDS											
		<i>m</i>	<i>Estadístico BDS</i>			<i>m</i>	<i>Estadístico Z</i>			<i>m</i>	<i>p-valor</i>		
Período completo 2003/2015		2	0.013395			2	7.306563			2	0.0000*		
		3	0.009879			3	4.573806			3	0.0000*		
		4	0.005651			4	2.955712			4	0.0031*		
		5	0.003545			5	2.390185			5	0.0168*		
Pre-crisis 2003/2007	1 03/04	2	0.009620	2	0.002681	2	3.596815	2	0.631933	2	0.0003*	2	0.5274
				3	-0.001463			3	-0.307075			3	0.7588
		3	0.006128	4	-0.003394	3	2.064288	4	-0.844588	3	0.0390*	4	0.3983
				5	-0.002542			5	-0.855622			5	0.3922
	2 05/07	4	0.002851	2	0.013606	4	1.151593	2	3.989731	4	0.2495	2	0.0001*
				3	0.008326			3	2.223599			3	0.0262*
		5	0.001379	4	0.003279	5	0.762082	4	1.061539	5	0.4460	4	0.2884
				5	0.001051			5	0.470559			5	0.6380
Crisis 2008/2009		2	0.012882			2	2.597676			2	0.0094*		
		3	0.010086			3	1.642902			3	0.1004		
		4	0.005699			4	0.998326			4	0.3181		
		5	0.005738			5	1.233320			5	0.2175		
Post-crisis 2010/2015	1 10/12	2	0.014048	2	0.017462	2	5.090859	2	4.579223	2	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.013801			3	3.092760			3	0.0020*
		3	0.010061	4	0.006458	3	3.135832	4	1.646149	3	0.0017*	4	0.0997
				5	0.003086			5	1.020798			5	0.3073
	2 13/15	4	0.005024	2	0.009839	4	1.792652	2	2.541665	4	0.0730	2	0.0110*
				3	0.004902			3	1.110595			3	0.2667
		5	0.002504	4	0.002187	5	1.167030	4	0.578470	5	0.2432	4	0.5629
				5	0.000230			5	0.080909			5	0.9355

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

**Tabla B.47:** Test ratio varianza para RW3 sobre la serie de rendimientos del Merval

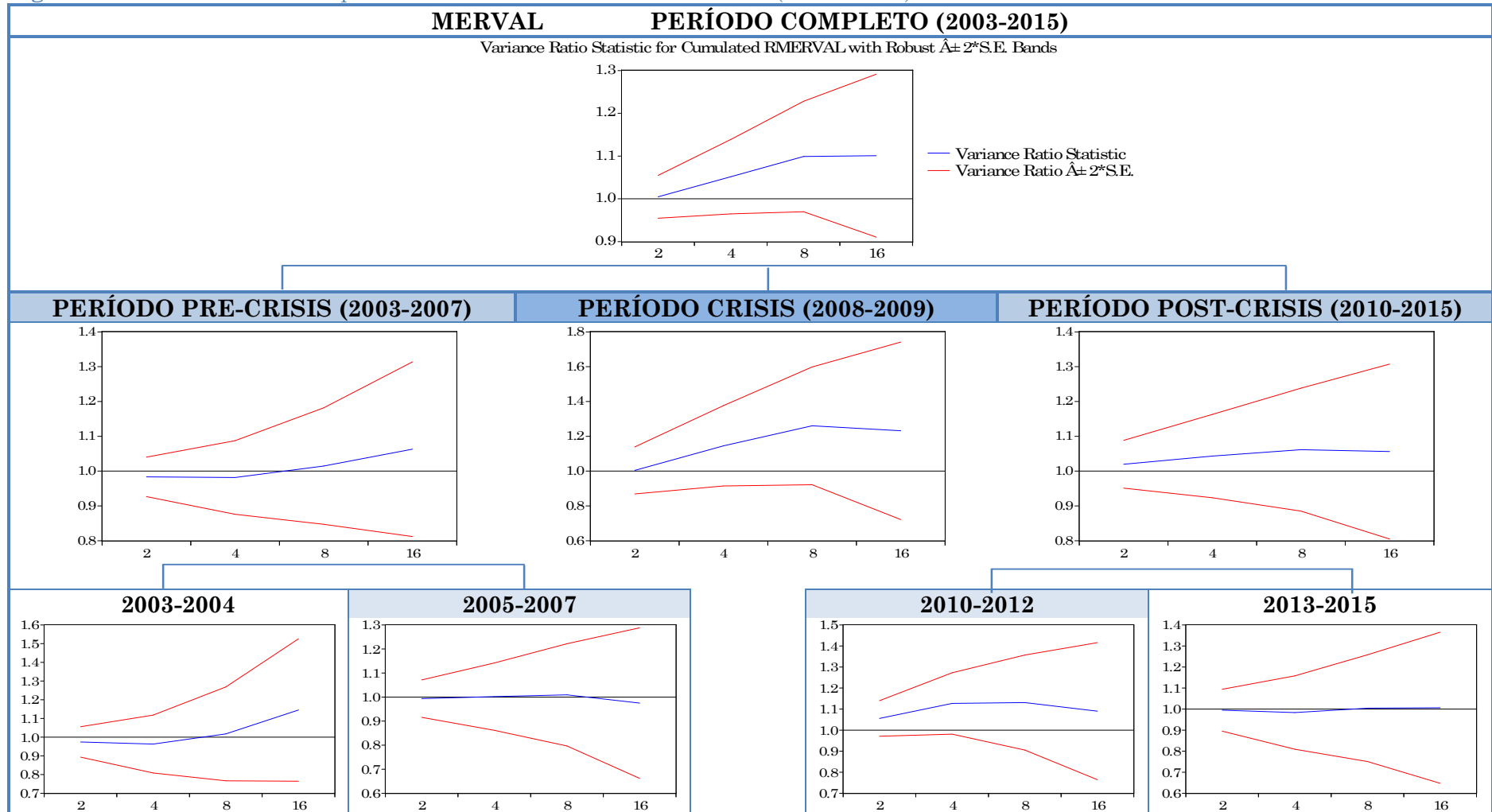
Merval (Argentina)		TEST RATIO VARIANZA (RW3)														
		<i>k</i>	<i>VR(k)</i>				<i>k</i>	<i>Estadístico Z</i>				<i>k</i>	<i>p-valor</i>		<i>Test global</i>	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	1.004710				2	0.188322				2	0.8506		1.531864 (0.4153)	
		4	1.051690				4	1.188319				4	0.2347			
		8	1.098939				8	1.531864				8	0.1256			
		16	1.100884				16	1.058141				16	0.2900			
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	0.983433	2	0.974213	2	-0.583977	2	-0.635411	2	0.5592	2	0.5252	0.583977 ( 0.9623)	0.762012 (0.9058)	
				4	0.962998			4	-0.478240			4	0.6325			
		4	0.981712	8	1.017477	4	-0.345905	8	0.139226	4	0.7294	8	0.8893			
				16	1.145019			16	0.762012			16	0.4461			
	<b>2 05/07</b>	8	1.014528	2	0.993559	8	0.173660	2	-0.165505	8	0.8621	2	0.8685		0.165505 (0.9997)	
				4	1.001900			4	0.027131			4	0.9784			
		16	1.062893	8	1.009275	16	0.501303	8	0.087204	16	0.6162	8	0.9305			
				16	0.974992			16	-0.159786			16	0.8730			
<b>Crisis 2007/2008</b>		2	1.004200				2	0.062139				2	0.9505		1.537844 (0.4114)	
		4	1.145304				4	1.258494				4	0.2082			
		8	1.260191				8	1.537844				8	0.1241			
		16	1.231679				16	0.908673				16	0.3635			
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	1.019727	2	1.055488	2	0.575446	2	1.313059	2	0.5650	2	0.1892	0.720650 (0.9218)	1.737299 (0.2909)	
				4	1.126741			4	1.737299			4	0.0823			
		4	1.043096	8	1.130945	4	0.720650	8	1.159419	4	0.4711	8	0.2463			
				16	1.090149			16	0.553397			16	0.5800			
	<b>2 13/15</b>	8	1.061545	2	0.994701	8	0.697044	2	-0.106322	8	0.4858	2	0.9153		0.189458 (0.9995)	
				4	0.983479			4	-0.189458			4	0.8497			
		16	1.056281	8	1.004366	16	0.448006	8	0.034421	16	0.6541	8	0.9725			
				16	1.006375			16	0.035517			16	0.9717			

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Figura B.14:** Test ratio varianza para RW3 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del Merval



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.48:** Prueba de efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del Merval

Merval (Argentina)		PRUEBA DE EFECTOS ARCH							
		<i>Orden de heterocedasticidad (q)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		188.5330 (0.0000*)		198.3144 (0.0000*)		210.7291 (0.0000*)		227.8588 (0.0000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	7.469712 (0.0063*)	0.606278 (0.4362)	13.28188 (0.0013*)	2.161146 (0.3394)	17.81739 (0.0005*)	3.724476 (0.2928)	30.33309 (0.0000*)	10.17541 (0.0376*)
	<b>2</b> 05/07		12.29302 (0.0005*)		14.09389 (0.0009*)		15.08920 (0.0017*)		16.70279 (0.0022*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		50.24930 (0.0000*)		50.46792 (0.0000*)		52.49634 (0.0000*)		54.26233 (0.0000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	60.40690 (0.0000*)	11.47311 (0.0007*)	63.29522 (0.0000*)	11.45905 (0.0032*)	65.80476 (0.0000*)	14.06361 (0.0028*)	70.68475 (0.0000*)	34.00670 (0.0000*)
	<b>2</b> 13/15		36.41768 (0.0000*)		38.59765 (0.0000*)		39.06971 (0.0000*)		39.07037 (0.0000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.49:** Test de Ljung-Box para analizar efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del Merval

Merval (Argentina)		TEST DE LJUNG-BOX (efectos ARCH)							
		<i>Orden de correlación (k)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		188.66 (0.000*)		222.89 (0.000*)		250.27 (0.000*)		286.30 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	7.4854 (0.006*)	0.6095 (0.435)	14.162 (0.001*)	2.2317 (0.328)	20.103 (0.000*)	3.9999 (0.261)	35.684 (0.000*)	11.182 (0.025*)
	<b>2</b> 05/07		12.334 (0.000*)		15.309 (0.000*)		17.096 (0.001*)		19.393 (0.001*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		50.509 (0.000*)		56.372 (0.000*)		61.198 (0.000*)		66.518 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	60.491 (0.000*)	11.513 (0.001*)	69.683 (0.000*)	11.561 (0.003*)	75.384 (0.000*)	14.215 (0.003*)	84.000 (0.000*)	37.052 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		36.547 (0.000*)		43.332 (0.000*)		45.302 (0.000*)		45.371 (0.000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Tabla B.50:** Test de Ljung-Box sobre la serie de rendimientos del IBVC

IBVC (Venezuela)		TEST DE LJUNG-BOX													
		Orden de correlación (k)													
		1		2		3		4		5		6		7	
<b>Período completo 2003/2015</b>		141.84 (0.000*)		163.90 (0.000*)		191.41 (0.000*)		229.72 (0.000*)		239.38 (0.000*)		256.10 (0.000*)		312.49 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	12.415 (0.000*)	47.120 (0.000*)	13.973 (0.001*)	52.098 (0.000*)	25.536 (0.000*)	58.272 (0.000*)	26.959 (0.000*)	61.563 (0.000*)	27.733 (0.000*)	61.585 (0.000*)	37.203 (0.000*)	62.725 (0.000*)	64.170 (0.000*)	64.224 (0.000*)
	<b>2</b> 05/07		0.2017 (0.653)		0.2220 (0.895)		5.2893 (0.152)		5.2931 (0.259)		7.0244 (0.219)		14.822 (0.022*)		42.059 (0.000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		13.420 (0.000*)		18.660 (0.000*)		18.691 (0.000*)		20.690 (0.000*)		23.195 (0.000*)		23.504 (0.001*)		32.885 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	112.87 (0.000*)	46.384 (0.000*)	127.85 (0.000*)	50.848 (0.000*)	139.08 (0.000*)	54.134 (0.000*)	173.34 (0.000*)	54.581 (0.000*)	186.49 (0.000*)	55.895 (0.000*)	190.99 (0.000*)	56.785 (0.000*)	208.97 (0.000*)	60.238 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		55.895 (0.000*)		63.559 (0.000*)		73.304 (0.000*)		104.19 (0.000*)		112.55 (0.000*)		117.49 (0.000*)		127.85 (0.000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

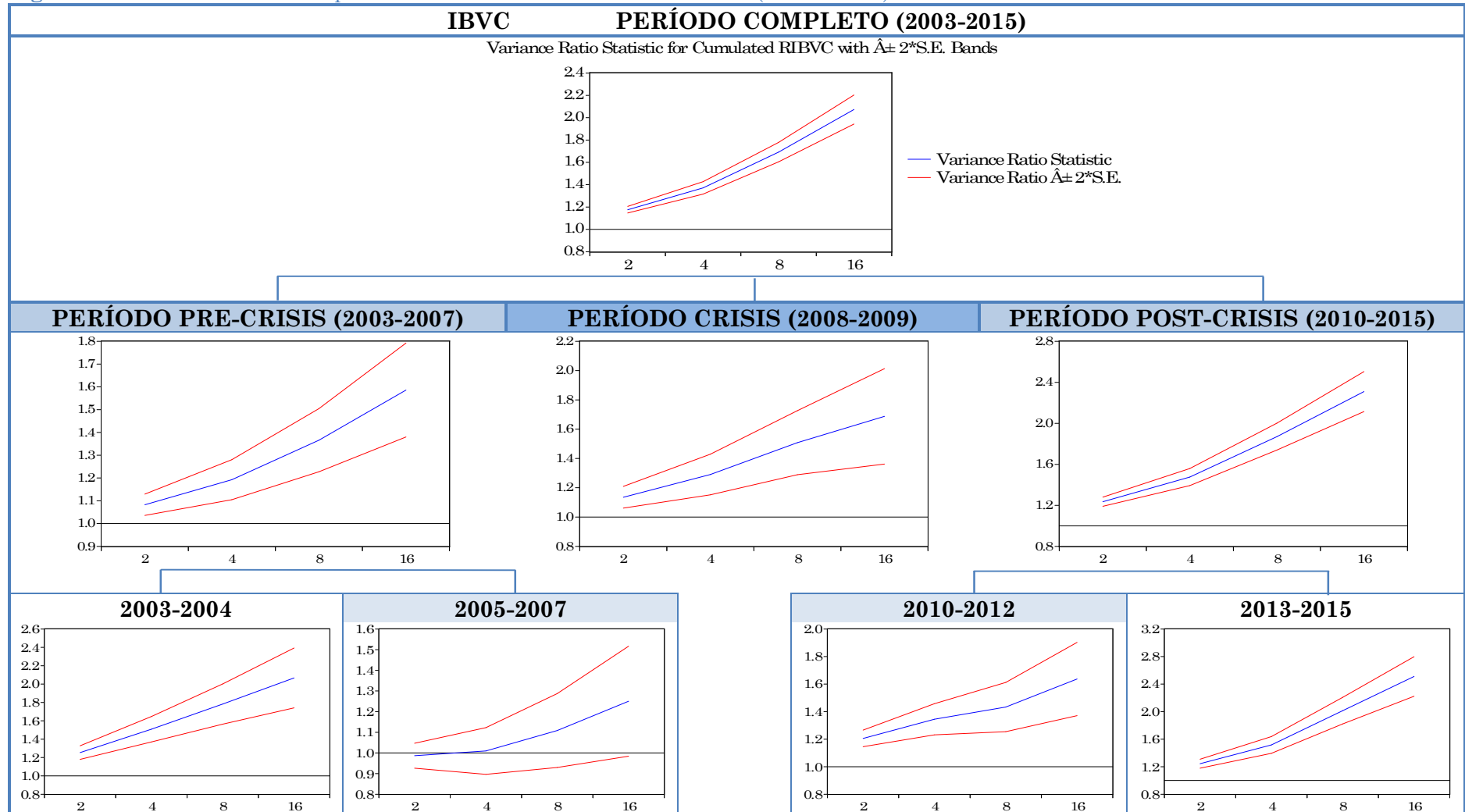
**Tabla B.51:** Test ratio varianza para RW1 sobre la serie de rendimientos del IBVC

IBVC (Venezuela)		TEST RATIO VARIANZA (RW1)														
		$k$	$VR(k)$				$k$	$Estadístico Z$				$k$	$p$ -valor		$Test\ global$	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	1.175638				2	11.90070				2	0.0000*		16.52696 (0.0000*)	
		4	1.371404				4	13.45134				4	0.0000*			
		8	1.691481				8	15.83907				8	0.0000*			
		16	2.073644				16	16.52696				16	0.0000*			
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	1.082410	2	1.253498	2	3.520553	2	6.849144	2	0.0004*	2	0.0000*	5.686588 (0.0000*)	7.341422 (0.0000*)	
				4	1.508338			4	7.341422			4	0.0000*			
		4	1.192533	8	1.782944	4	4.396458	8	7.151355	4	0.0000*	8	0.0000*			
				16	2.066685			16	6.547517			16	0.0000*			
	<b>2 05/07</b>	8	1.365935	2	0.986484	8	5.284838	2	-0.447251	8	0.0000*	2	0.6547		1.882740 (0.2184)	
				4	1.009491			4	0.167866			4	0.8667			
		16	1.585924	8	1.108595	16	5.686588	8	1.214825	16	0.0000*	8	0.2244			
				16	1.250440			16	1.882740			16	0.0597			
<b>Crisis 2007/2008</b>		2	1.135223				2	3.656024				2	0.0003*		4.640046 (0.0000*)	
		4	1.290442				4	4.197438				4	0.0000*			
		8	1.507654				8	4.640046				8	0.0000*			
		16	1.687273				16	4.221502				16	0.0000*			
<b>Post-crisis 2009/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	1.235255	2	1.205469	2	10.61257	2	6.802230	2	0.0000*	2	0.0000*	13.41634 (0.0000*)	6.802230 (0.0000*)	
				4	1.344625			4	6.098429			4	0.0000*			
		4	1.475771	8	1.433382	4	11.47219	8	4.850335	4	0.0000*	8	0.0000*			
				16	1.637026			16	4.791171			16	0.0000*			
	<b>2 13/15</b>	8	1.870243	2	1.243530	8	13.27146	2	7.462531	8	0.0000*	2	0.0000*		10.51888 (0.0000*)	
				4	1.516078			4	8.453069			4	0.0000*			
		16	2.309100	8	2.014378	16	13.41634	8	10.50821	16	0.0000*	8	0.0000*			
				16	2.510976			16	10.51888			16	0.0000*			

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Figura B.15:** Test ratio varianza para RW1 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IBVC



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.52:** Test de rachas (aleatoriedad) sobre la serie de rendimientos del IBVC

IBVC (Venezuela)		TEST DE RACHAS									
		Valor de referencia (media)		Número de observaciones		Número de rachas		Estadístico Z		p-valor	
<b>Período completo 2003/2015</b>		0.00164442		4591		1630		-8.619		0.000*	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	0.00085096	0.00180492	1825	730	685	260	-6.320	-4.812	0.000*	0.000*
	<b>2</b> 05/07		0.00021499		1095		419		-4.787		0.000*
<b>Crisis 2008/2009</b>		0.00051141		731		295		-1.261		0.207	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	0.00276298	0.00195895	2035	1096	630	329	-7.497	-6.429	0.000*	0.000*
	<b>2</b> 13/15		0.00370145		939		304		-4.147		0.000*

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



**Tabla B.53:** Test BDS sobre la serie de rendimientos del IBVC

IBVC (Venezuela)		TEST BDS											
		<i>m</i>	<i>Estadístico BDS</i>			<i>m</i>	<i>Estadístico Z</i>			<i>m</i>	<i>p-valor</i>		
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	0.026950			2	12.28272			2	0.0000*		
		3	0.037268			3	11.55522			3	0.0000*		
		4	0.043321			4	12.17641			4	0.0000*		
		5	0.044765			5	13.02112			5	0.0000*		
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	0.023942	2	0.023793	2	7.475074	2	4.622050	2	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.024210			3	3.618065			3	0.0003*
		3	0.027962	4	0.022528	3	6.324417	4	3.449053	3	0.0000*	4	0.0006*
				5	0.021459			5	3.840611			5	0.0001*
	<b>2 05/07</b>	4	0.029593	2	0.021325	4	6.460561	2	5.261200	4	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.027151			3	4.652295			3	0.0000*
		5	0.029324	4	0.031170	5	7.053358	4	4.943596	5	0.0000*	4	0.0000*
				5	0.032198			5	5.396786			5	0.0000*
<b>Crisis 2008/2009</b>		2	0.016689			2	3.258445			2	0.0011*		
		3	0.015987			3	2.491240			3	0.0127*		
		4	0.013034			4	2.158034			4	0.0309*		
		5	0.010437			5	2.094860			5	0.0362*		
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	0.033358	2	0.035895	2	9.628194	2	7.514195	2	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.051986			3	6.926441			3	0.0000*
		3	0.051404	4	0.059354	3	9.489219	4	6.708402	3	0.0000*	4	0.0000*
				5	0.060705			5	6.645061			5	0.0000*
	<b>2 13/15</b>	4	0.063985	2	0.025575	4	10.06877	2	4.962187	4	0.0000*	2	0.0000*
				3	0.034833			3	4.517932			3	0.0000*
		5	0.069376	4	0.042908	5	10.62507	4	4.957144	5	0.0000*	4	0.0000*
				5	0.045615			5	5.358257			5	0.0000*

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

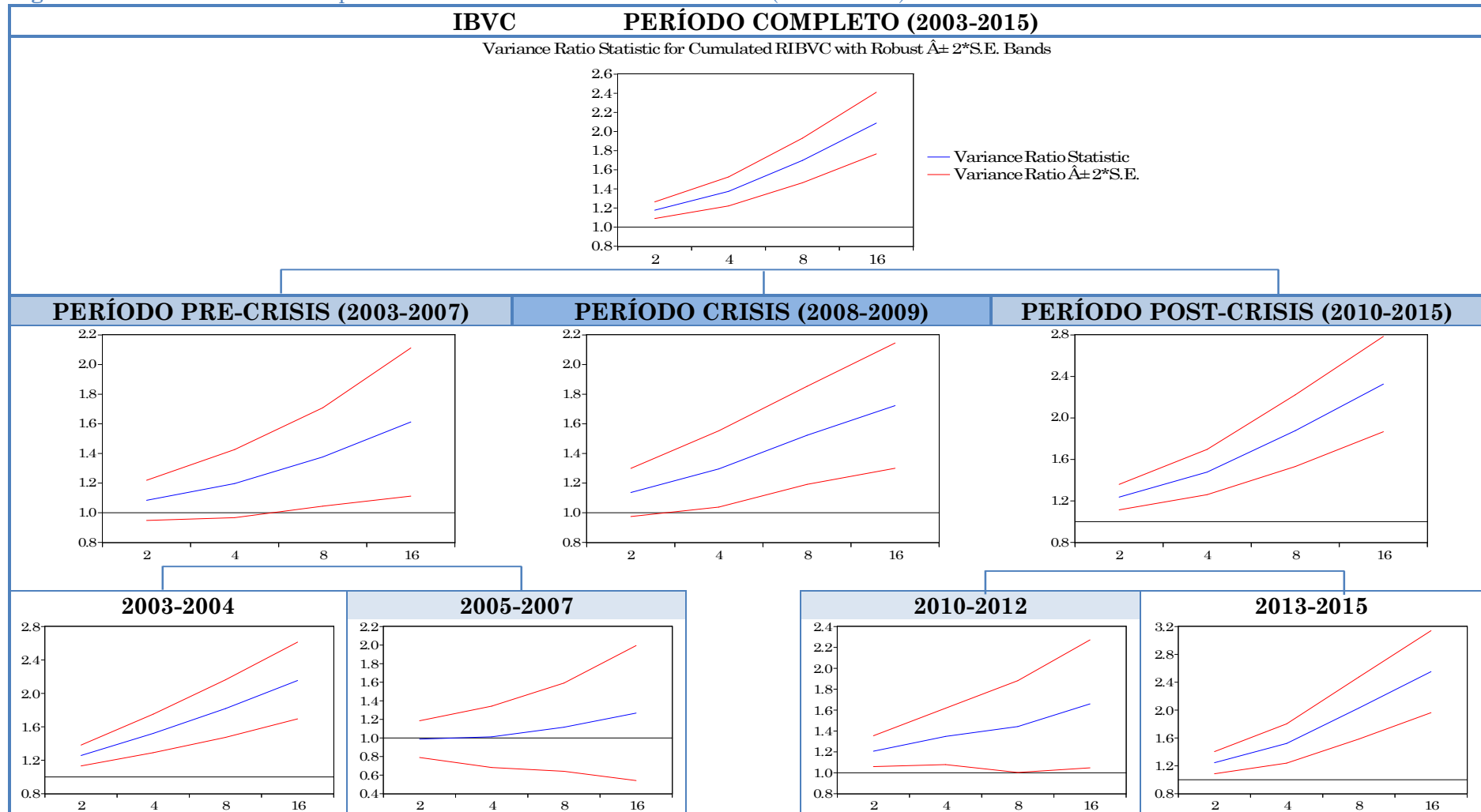
Tabla B.54: Test ratio varianza para RW3 sobre la serie de rendimientos del IBVC

IBVC (Venezuela)		TEST RATIO VARIANZA (RW3)														
		<i>k</i>	<i>VR(k)</i>				<i>k</i>	<i>Estadístico Z</i>				<i>k</i>	<i>p-valor</i>		<i>Test global</i>	
<b>Período completo 2003/2015</b>		2	1.176150				2	4.058123				2	0.0000*		6.741060 (0.0000*)	
		4	1.373198				4	4.919722				4	0.0000*			
		8	1.696651				8	5.979660				8	0.0000*			
		16	2.087262				16	6.741060				16	0.0000*			
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1 03/04</b>	2	1.083597	2	1.256942	2	1.232953	2	4.118136	2	0.2176	2	0.0000*	2.449074 (0.0561*)	5.027106 (0.0000*)	
				4	1.520821			4	4.512964			4	0.0000*			
		4	1.196465	8	1.817660	4	1.712506	8	4.750267	4	0.0868	8	0.0000*			
				16	2.154370			16	5.027106			16	0.0000*			
	<b>2 05/07</b>	8	1.376477	2	0.987387	8	2.268448	2	-0.127535	8	0.0233*	2	0.8985		0.737142 (0.9156)	
				4	1.012266			4	0.074236			4	0.9408			
		16	1.612326	8	1.115734	16	2.449074	8	0.487204	16	0.0143*	8	0.6261			
				16	1.267824			16	0.737142			16	0.4610			
<b>Crisis 2007/2008</b>		2	1.136780				2	1.683149				2	0.0923		3.418430 (0.0025*)	
		4	1.295767				4	2.298147				4	0.0216*			
		8	1.522251				8	3.154192				8	0.0016*			
		16	1.722670				16	3.418430				16	0.0006*			
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1 10/12</b>	2	1.235862	2	1.206571	2	3.844810	2	2.798161	2	0.0001*	2	0.0051*	5.775197 (0.0000*)	2.798161 (0.0204*)	
				4	1.348319			4	2.580455			4	0.0099*			
		4	1.477951	8	1.442604	4	4.378079	8	2.014412	4	0.0000*	8	0.0440*			
				16	1.659763			16	2.154350			16	0.0312*			
	<b>2 13/15</b>	8	1.876701	2	1.244858	8	5.077664	2	3.084624	8	0.0000*	2	0.0020*		5.272118 (0.0000*)	
				4	1.520943			4	3.692459			4	0.0002*			
		16	2.326255	8	2.029524	16	5.775197	8	4.622189	16	0.0000*	8	0.0000*			
				16	2.551783			16	5.272118			16	0.0000*			

\* Significativo, al menos, al 5%

Fuente: elaboración propia

**Figura B.16:** Test ratio varianza para RW3 mediante intervalos de confianza (de nivel 0'95) sobre la serie de rendimientos del IBVC



Fuente: elaboración propia

**Tabla B.55:** Prueba de efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IBVC

IBVC (Venezuela)		PRUEBA DE EFECTOS ARCH							
		<i>Orden de heterocedasticidad (q)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		148.0646 (0.0000*)		163.3244 (0.0000*)		276.0093 (0.0000*)		316.1115 (0.0000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	41.38790 (0.0000*)	15.01121 (0.0001*)	45.59991 (0.0000*)	25.90809 (0.0000*)	46.20085 (0.0000*)	27.31239 (0.0000*)	60.75974 (0.0000*)	32.93436 (0.0000*)
	<b>2</b> 05/07		25.80222 (0.0000*)		27.63189 (0.0000*)		27.83759 (0.0000*)		36.81426 (0.0000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		76.10542 (0.0000*)		83.66076 (0.0000*)		83.84962 (0.0000*)		84.08028 (0.0000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	78.06788 (0.0000*)	20.62892 (0.0000*)	85.77797 (0.0000*)	25.03718 (0.0000*)	221.4369 (0.0000*)	87.25152 (0.0000*)	238.1839 (0.0000*)	87.26771 (0.0000*)
	<b>2</b> 13/15		36.16369 (0.0000*)		39.09518 (0.0000*)		102.5396 (0.0000*)		113.3991 (0.0000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla B.56:** Test de Ljung-Box para analizar efectos ARCH sobre la serie de rendimientos del IBVC

IBVC (Venezuela)		TEST DE LJUNG-BOX (efectos ARCH)							
		<i>Orden de correlación (k)</i>							
		1		2		3		4	
<b>Período completo 2003/2015</b>		148.19 (0.000*)		184.64 (0.000*)		332.77 (0.000*)		437.42 (0.000*)	
<b>Pre-crisis 2003/2007</b>	<b>1</b> 03/04	41.478 (0.000*)	15.091 (0.000*)	50.533 (0.000*)	29.857 (0.000*)	52.881 (0.000*)	34.524 (0.000*)	71.026 (0.000*)	45.060 (0.000*)
	<b>2</b> 05/07		25.896 (0.000*)		30.442 (0.000*)		31.452 (0.000*)		42.229 (0.000*)
<b>Crisis 2007/2008</b>		76.505 (0.000*)		76.541 (0.000*)		77.199 (0.000*)		77.288 (0.000*)	
<b>Post-crisis 2010/2015</b>	<b>1</b> 10/12	78.220 (0.000*)	20.703 (0.000*)	98.184 (0.000*)	28.079 (0.000*)	262.04 (0.000*)	99.788 (0.000*)	333.03 (0.000*)	103.12 (0.000*)
	<b>2</b> 13/15		36.316 (0.000*)		44.621 (0.000*)		120.54 (0.000*)		159.64 (0.000*)

\* Significativo, al menos, al 5%

**Fuente:** elaboración propia



# SUMMARY

---

The hypothesis of financial markets efficiency is an analytical approach aimed to explain movements in prices of financial assets over time and is based on the insight that prices for such assets are determined by the rational behavior of agents interacting in the market. This hypothesis supports that stock prices reflect all the information available for the agents when they are determined, if hypothesis is fulfilled, it would not be possible to anticipate price changes and formulate investment strategies to obtain substantial returns, scilicet, predictions about the future market behavior could not be performed.

Although the theoretical origin of the efficiency hypothesis arise from the work of Bachelier in 1990, it was in 1965 when Samuelson reports the theoretical foundations for this hypothesis and, in the other hand, Fama established for the first time the concept of efficient market.

The concept of *hypothesis of financial markets efficiency* emerged in 1967 from the work of Roberts, which also analyzes the efficiency with an informational outlook, leading to a rating for the efficiency on three levels according the rising availability of information for the agents, having: weak, semi-strong and strong. Thus, weak efficiency means that information available for the agents is restricted to the historical price series; semi-strong efficiency means that all public information is available for all agents; and the stronger efficiency means that the set of available information includes those previously described and other private data known as insider trading.

The validation of the hypothesis of efficiency in a given financial market, is important for both, investors and trade regulatory institutions, since it provides a criteria to assess whether environment favor that all agents playing in the market are subjected to equal footings in a “fair game”, where expectations of success and failure are equivalent.

Moreover, since the globalization of the economic and financial environment leads to the internationalization of the finances, it is clear that positive and negative events taking place in the major stock markets are mirrored by other markets as their sessions are being open. Thus, foreign investment move along different markets according to factors related to their profitability, risk or security.

The events that took place during the crisis of subprime mortgages, that began in the United States in october 2007, were a result of what has been said above and that financial data are subjected to instability when bad results arise from other markets. Repercussions from this crisis quickly reached the US financial system and later, in early 2008, the other markets causing the crash in most of the stock markets and an international financial crisis.

Thus, because the high rate of financial transactions taking place and the overall interconnection among markets, the financial environment is subject to a high variability determining that the efficient market hypothesis could be fulfilled only in a transient way.

The weak form of the hypothesis of efficiency has been the benchmark of the empirical approaches which have been carried out throughout history, as evidenced by the bibliographic compilation attached to the present work.



Furthermore, most of the theoretical contributions link the weak efficiency hypothesis to the fact that financial asset prices follow a random walk (in form 1, 2 or 3) or a martingale. However, it is necessary to set constraints for the underlying probability distributions leading to some of the random walk versions in order to obtain contrastable hypothesis arising from the martingale model, therefore, it is feasible to assume some version of the martingale model as a system to fix the prices.

Specifically, the weak efficiency-associated random walk types are those involving conditions that established based on the returns from the financial assets, from the random walk 1, which is the most restrictive condition, to the random walk 3, which is the less restrictive and, thereby, the most economically feasible. This makes possible to assess the degree of weak efficiency.

Numerous procedures have been traditionally used to test the weak efficiency in a financial market according to the random walk model. However, many of them contrast one only condition of the model that is necessary but not enough (for example, the so-called linear methods, which contrast only correlations that are necessary for the three types of random walk). On the other hand, the non-linear methods take into account the possible existence of non-linear relationships in the yields. In any case, applying a test which contrasts only a necessary but not sufficient condition can lead to a wrong conclusion in any of the types of random walk.

Regarding to the study of compliance of the financial efficiency hypothesis and considering the particular features of the worldwide financial environment, the paper poses the following major objectives:

1.- To analyze the influence of the international financial crisis of 2008 on the accomplishment of the weak form of the efficiency hypothesis in the Spanish financial market and in some of the most representative markets of Latin America (Chile, Mexico, Colombia, Peru, Brazil, Argentina and Venezuela).

2.- To check the transitory nature of the possible financial efficiency in the markets under study.

3.- To design a statistical method to test the weak form of the efficiency hypothesis based on linear and nonlinear approaches, to analyze fulfillment with this hypothesis for every type of random walk.

Besides, the following secondary objectives will be driven:

1.- To study the evolution and features of the Spanish and Latin American financial markets analyzed.

2.- To provide a system to quantify the fulfillment of the weak form of the efficiency hypothesis from the method proposed to test this hypothesis.

3.- To analyze the fulfillment degree of the weak form of the efficiency hypothesis for each market being studied.

The full sample period (ranged from January 2003 to July 2015) was splitted into periods and sub-periods. Then, the influence of the financial crisis in both, the fulfillment of the efficiency hypothesis and the transitory nature of that efficiency, was analyzed. The importance of separating into time periods lies in the fact that in short time periods it is possible to detect behaviors that could remain hidden in longer periods.

By combining traditional linear and nonlinear methods to test the weak efficiency hypothesis we developed a statistical system to detect whether a series of yields follows a random walk or not and, if so, its corresponding type. This was intended to solve the shortcomings derived from the use of traditional methods, which allow to test only a condition that is necessary but not enough to accept some version of the random walk hypothesis.

Whereas the financial markets evolution is assessed by using graphical analysis, the features of the yields series associated to each stock index are analyzed by methods based on descriptive statistics.

To quantify the fulfillment of the weak efficiency hypothesis in a given market by using a random walk type matching a given yields serie (1, 2 or 3), a ranking determining the degree of restriction of conditions is set for each type of random walk. This ranking assigns value 0, 1 or 2 depending whether the application of the method leads to accept or reject the hypothesis according to the random walk 1, 2 or 3, respectively.

Thus, the work is divided into two parts: in the first part the theoretical basis for the efficient market hypothesis is analyzed, including methodological issues, and in the second part empirical results are reported.

First part is divided into five chapters. In the first chapter, the financial concepts and notation to be used and the statistical features of the financial series (commonly known as stylized facts) are stipulated.

In Chapter 2, concepts of the efficient market hypothesis (historical development and forms of efficiency) and the failure of a financial market are developed in detail.

Chapter 3 focuses on how the efficient market hypothesis model evolved towards the theoretical pricing model commonly associated to this hypothesis: the so-called random walk model in any of its three forms (1, 2 or 3).

Different methods traditionally applied to test the weak efficiency as set out by the random walk types are detailed in Chapter 4. In the final part of this chapter, we propose a method combining linear and nonlinear systems to detect whether a series of returns associated with a given price index matches a random walk and, if so, its type.

In Chapter 5, a comprehensive review of the main papers related to empirical testing of the efficiency hypothesis, which are classified according to the form of efficiency that contrast (weak, semi-strong or strong) is presented.

The second part of the work, which reports the results from the empirical study, is divided into three chapters. In the first chapter, corresponding to Chapter 6, the stock index selected for each market subjected to analysis, the full sample period, and the periods and sub-periods used to split them are described.

Chapter 7 reports a preliminary study of each market. In particular, the evolution undergone by each index and yields series derived from them, along with a detailed descriptive analysis of the latter, is presented.

The second part of the paper finish at Chapter 8, where the degree of fulfillment of the weak efficiency hypothesis for each market in the periods and sub-periods set is shown. These quantitative data arise from the application of the testing method and the raking system for the results that have been proposed in this paper.

In the final section of the paper, the following conclusions are presented:

- From the analysis of the influence of the international financial crisis of 2008 in the fulfillment of the weak efficiency hypothesis in the markets subjected to analysis, it is concluded that the effects of this crisis on the efficiency are, generally, negative, namely, in most markets analyzed the efficiency was reduced during the crisis. However, the intensity of the effect was different in some markets than in others (Argentine market efficiency was the most affected during the crisis followed by the Brazilian, Mexican and Spanish markets).

Considering the economic dependence of these countries with benchmark economies such the US or China, particularly in exportation-related issues, the negative impact of the financial crisis would be reflected in the financial markets as a function of that dependence.

- The markets whose performance of the weak efficiency hypothesis was smaller as a result of the crisis (Argentine, Brazilian, Mexican and Spanish) undergo a greater increase thereafter (particularly in the second sub- period of post-crisis).

According to experts, in the Latin American markets and in particular the three mentioned above, continued economic growth after the crisis possibly results from the developed countries that transfer capital to invest in such markets to diversify risks and, secondly, to obtain a higher profitability that normally provide by emerging markets. This causes an increase in trading volume in these markets, which induces the corresponding governments to control the "game rules". Specifically, the reform would include the Argentine

financial system occurred on April 6, 2012, involving that all listed companies in the stock market do so under a public offering system towards greater informational transparency. Furthermore, the particular features of the Brazilian market as a robust economy, let this be the major recipient of foreign investment in Latin America, which makes many authors aimed the fact that that market is in a phase of maturity and hence greater efficiency would come. The Mexican market, manufacturer that directly compete with the Asian market and have as its main export destination United States, in recent years would have been favored by both, the robustness that this market has recovered and the depreciation of the Mexican peso, which would improve its price competitiveness. Finally, the improvement on the efficiency in the Spanish market could arise from the notice about a putative financial rescue proclaimed by the Minister de Guindos on June 9, 2012, which would lead to a recovery of confidence in the Spanish market, as experts note, whose situation would flip from being expelled from the international markets to be one of the preferred destinations for investors.

- The results show that the division of the entire sample period into periods and sub-periods increases, in general, the degree of fulfillment of the weak efficiency hypothesis.

- The proposed method allows to test the type of random walk, 1 or 3, by combining linear and nonlinear methods, thus resolving the limitation that the first and some of the latter have when they are applied individually, since the contrast only a condition that is necessary but not enough of any of the types of random walk.

- From the analysis of the markets evolution we conclude that the crisis causes a stock market crash that occurs in all indexes

(except in the Venezuelan market) leading to greater volatility in the corresponding period.

Whereas the economic development of most Latin American countries is intrinsically linked with other economies such as Asia or the US, of which they are suppliers of raw materials to be exporters and, on the other hand, are recipients of their foreign investment, it is logical that the crash in these benchmarks involve a calamitous impact for them. The protectionist policy pursued by the Venezuelan government until 2011, could explain that this market was not affected by the events unleashed by the crisis of subprime mortgages.

- The market showing the highest fulfillment of the weak efficiency hypothesis (in the form established by the random walk 1 or 3), according to the procedure and ranking of assessment proposed, is Brazil, followed Spain and Argentine. Then the Mexican market and at a lower level are placed the other stands.

Again, Brazil has the highest degree of efficiency followed by Spain and Argentina when the most restrictive form of the weak efficiency, random walk type 1, is applied. The other markets analyzed, in this case, are practically inefficient.

Along with the Spanish market, the Latin American financial markets having a higher degree of efficiency are the most consolidated economies: Brazil (who heads the countries forming the BRIC also being the second largest economy in America), Argentina (which is one of the most attractive markets for foreign investors) and Mexico. In general, these countries are characterized by greater economic dynamism, and in the performance of their stock markets opt for greater transparency aimed to provide equal footing for all the financial agents.

- The most inefficient markets are Venezuela and Chile, probably due to their different characteristics in comparison with other markets analyzed. Such characteristics may be its low trading volume, their market capitalization or the most protectionist policies pursued by their governments.

- An overall improvement in efficiency in financial markets could be attributed to factors related to the globalization of these markets, such as technological innovation (including computers and telecommunications), the growing interest of agents for the acquisition of foreign securities that allow diversification of their investment portfolios, the elimination of exchange controls and barriers to capital flows by the political tendencies of liberalization of financial markets and the development of financial products that pose greater coverage for the investor.

Finally, several lines of future research resulting from the present paper can be classified into two types depending on their provenance from the statistical part of the thesis or from the economic and financial part.

Regarding the first line, the following lines are proposed:

- To improve the testing system for the weak efficiency hypothesis proposed in this paper by assessing the methods used regarding to its potency. The potency could be analyzed by using a Monte Carlo study.

- To quantify the fulfillment of the weak efficiency hypothesis in different markets through multivariate analysis techniques.

The following lines of research emerge from the economic and financial part of the thesis:



- To analyze the influence of the financial crisis on the level of fulfillment of the weak efficiency hypothesis in other markets such as the Europeans, Americans and Asians.

- To analyze, by using the same methodology used in this study, the influence on the international financial markets that may have other important events (such as the recent case of the fall of the Chinese currency).