

---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**Análisis de Volatilidad Asimétrica en los  
Rendimientos Accionarios Diarios del Índice de  
Precios y Cotizaciones: Efecto Leverage  
Financiero (1995-2005)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA:

**Ignacio Francisco Hernández Ángeles**

Director: Mtro. Ignacio Perrotini Hernández

México, D.F.

Julio de 2006.

---

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Agradezco a mi director de tesis Ignacio Perrotini Hernández y a los profesores Domingo Rodríguez e Isaac Miniam por su gran apoyo recibido en el desarrollo de este trabajo*

*A mis amigos por su gran amistad*

*Al apoyo moral recibido por las familias Pérez Hernández, Hernández Vega, Hernández Carrillo y Ángeles Hernández*

*A mis abuelos Raquel Hernández y Aarón Ángeles*

*En especial a mis padres y hermanas por todo su apoyo incondicional, por los momentos dorados que hemos compartido y por todo aquello que es imposible de mencionar que ha contribuido en la formación de mi persona.*

*A Dios por su grandeza...*

*Este trabajo es dedicado con todo cariño a mis padres y hermanas*

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
--------------------------	----------

### **CAPÍTULO 1. VOLATILIDAD DINÁMICA Y ASIMÉTRICA EN EL MERCADO**

<b>ACCIONARIO.....</b>	<b>6</b>
1.1. Hipótesis de los Mercados de Capitales Eficientes (HME).....	6
1.1.1. Eficiencia en Sentido Débil e Implicaciones.....	12
1.2. Varianza Inestable en Acciones.....	15
1.3. Contexto Macroeconómico del Periodo de Estudio.....	22
1.3.1. El Índice de Precios y Cotizaciones (IPC).....	24
1.3.1.1. Análisis Histórico del IPC.....	27
1.4. Conclusiones.....	31

### **CAPÍTULO 2. EFECTO LEVERAGE FINANCIERO.....**

2.1. Riesgo y Rendimiento Esperado en Acciones .....	34
2.2. Apalancamiento Financiero.....	36
2.3. Volatilidad Asimétrica.....	39
2.4. Conclusiones.....	44

<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA ECONOMETRICA.....</b>	<b>46</b>
3.1. Especificación del Modelo General de los Rendimientos: Ecuación de la Media y Ecuación de la Varianza Condicional.....	49
3.2. Estacionariedad.....	51
3.2.1. Funciones de Autocorrelación.....	53
3.2.2. Modelo de Paseo Aleatorio.....	54
3.2.2.1. Pruebas de Raíces Unitarias.....	58
3.2.3. Modelos de series de tiempo estacionarios ARMA.....	59
3.3. Modelos Heterocedásticos Condicionados Autoregresivos.....	65
3.3.1. Modelo GARCH.....	66
3.3.1.1. Modelo GARCH-M.....	70
3.3.2 Modelos GARCH Asimétricos.....	72
3.3.2.1. Modelo Threshold GARCH (1, 1).....	74
3.3.2.2. Modelo Exponential GARCH (1, 1).....	75
3.3.3. Pruebas de Diagnóstico.....	78
3.4. Conclusiones.....	81
<b>CAPÍTULO 4. HECHOS ESTILIZADOS.....</b>	<b>83</b>
4.1. Análisis Dinámico de Primer y Segundo Momento.....	83
4.2. Estimación del Modelo de la Media de los Rendimientos del IPC.....	88

4.3. Estimación del Modelo Simétrico GARCH (1, 1).....	91
4.4. Estimación del Modelo Simétrico GARCH-M (1, 1).....	94
4.5. Estimación del Modelo Asimétrico TGARCH (1, 1).....	97
4.6. Estimación del Modelo Asimétrico TGARCH-M (1, 1).....	100
4.7. Estimación del Modelo Asimétrico EGARCH (1, 1).....	103
4.8. Estimación del Modelo Asimétrico EGARCH-M (1, 1).....	106
4.9. Conclusiones.....	108
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO ESTADÍSTICO.....</b>	<b>115</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>125</b>

## INTRODUCCIÓN

En teoría económica y financiera se postula que los agentes económicos tienen expectativas racionales, elaboran pronósticos y toman decisiones usando toda la información a su alcance a fin de no cometer errores sistemáticos. Se supone que las organizaciones y los individuos buscan reducir los riesgos inherentes a sus actividades cotidianas, además de optimizar su administración de manera eficiente y racional que conlleve a la maximización de la utilidad individual y/o colectiva.

Basado en el argumento teórico de la hipótesis de los mercados eficientes, se llevó a cabo el proceso de liberalización de los movimientos de flujos de inversión de cartera a escala internacional<sup>1</sup>. Sin embargo, se han observado en los últimos años periodos donde ha prevalecido de manera persistente la incertidumbre en los mercados financieros nacionales e internacionales. Por ejemplo, los informes sobre el déficit en la cuenta corriente de los Estados Unidos, incrementos en las tasas de interés internas y externas, aumentos de los precios del petróleo, entre otros factores económicos y políticos, han repercutido en cierto grado de preocupación e inestabilidad tanto en los mercados de bienes reales como en los mercados financieros.

Considerando el nuevo contexto macroeconómico y el nuevo desempeño de la Bolsa Mexicana de Valores, nuestro propósito consistirá en ampliar la evidencia empírica del *efecto leverage financiero* en los rendimientos diarios del IPC que comprende del 05 de

---

1. La liberación financiera se difundió durante la década de los años setenta, expandiéndose en los años ochenta entre los países de la OCDE.

enero de 1995 al 17 de julio de 2005. Nuestro principal objeto de estudio es averiguar la presencia del *efecto leverage financiero* durante el periodo que inicia con la liberalización de los movimientos de flujos de inversión de cartera hasta estos últimos años de relativa estabilidad macroeconómica y de grandes avances históricos de la BMV. De esta manera, determinaremos si las caídas de los precios inesperados de las acciones repercuten en una mayor volatilidad que ante incrementos inesperados de igual magnitud.

Por la accesibilidad en los principales paquetes econométricos, los modelos asimétricos de volatilidad condicionada TGARCH (1, 1), EGARCH (1, 1), TGARCH-M (1, 1) y EGARCH-M (1, 1) determinarán si la tendencia de los cambios en los precios de las acciones está negativamente correlacionada con los cambios en la volatilidad del mismo. Considerando una posible relación positiva inter-temporal entre rendimientos esperados y riesgo accionario, introduciremos adicionalmente la desviación estándar del término de error como variable explicativa en la ecuación de la media. Todo esto permitirá capturar algunas de las principales características del riesgo del mercado accionario mexicano bajo el contexto de un mercado emergente con mayor integración con los mercados internacionales, el cual supone una mayor eficiencia del mercado. Si bien ha persistido alta volatilidad en el periodo de estudio, nuestra hipótesis sugiere que la liberalización financiera (mercado accionario más eficiente), la relativa estabilidad macroeconómica y el favorable comportamiento de la BMV en los últimos años, han coadyuvado en una insignificancia estadística de la presencia del *efecto leverage financiero* y de la relación entre riesgo y rendimientos diarios esperados del IPC.



El análisis de la volatilidad asimétrica es relevante para los administradores de carteras de inversión respecto al riesgo que deben asumir y para las diversas entidades financieras que cotizan en las bolsas de valores; desde la perspectiva del inversionista (tenedor de la acción) el análisis permite cuantificar el riesgo, tomar posturas en el mercado y formar expectativas sobre los rendimientos futuros ante efectos asimétricos en la volatilidad. Desde el punto de vista de la firma, el análisis de volatilidad asimétrica permite generar (bajo cierto grado de ocurrencia) expectativas de financiamiento ante noticias negativas y positivas que se generen en un periodo determinado. Así, el riesgo y el costo del capital pueden incrementarse más ante choques negativos (caídas inesperadas en los precios) que ante choques positivos (incrementos inesperados) de igual magnitud, Bekaert y Wu (2000).

El objetivo general del presente estudio es presentar la importancia de algunos de los principios generales de la selección de modelos estadísticos para la administración de riesgos, así como los fundamentos y las aplicaciones de las técnicas estadísticas modernas que pueden utilizarse para describir las manifestaciones de las fuentes de riesgo. El resto del trabajo presenta la siguiente estructura: el capítulo I incorpora algunos de los fundamentos de los mercados accionarios así como la importancia del análisis de la volatilidad dinámica y asimétrica en la administración de los riesgos financieros; el capítulo II presenta el efecto apalancamiento financiero como la principal explicación para la volatilidad asimétrica; el capítulo III desarrolla la metodología econométrica y los modelos que se utilizarán para el análisis de la volatilidad asimétrica y del *efecto leverage financiero*; el capítulo IV exhibe los resultados obtenidos; y por último, se presentan las conclusiones generales y recomendaciones.

# 1. VOLATILIDAD DINÁMICA Y ASIMÉTRICA EN EL MERCADO

## ACCIONARIO

El principal objetivo de este capítulo es presentar algunos de los fundamentos en el análisis de la volatilidad cambiante y asimétrica de los mercados accionarios. La relevancia de este análisis es pertinente en la valuación de opciones, en el análisis de portafolio y formación de las expectativas de los inversionistas e inversores, y fundamentales en modelos como el Capital Asset Pricing Model (CAPM).

*Considerando los altos costos fijos en el que operan actualmente las bolsas de valores, la generación de rendimientos requiere de grandes movimientos, por consiguiente, la mayoría de los inversionistas y administradores de riesgos tienen intereses ligados al análisis de la volatilidad, David Félix (1998).*

### 1.1. Hipótesis de los Mercados de Capitales Eficientes (HME)

Bajo la hipótesis de los mercados de capitales eficientes (HME), la determinación de los precios de los activos de capital es económicamente óptima y la asignación de los recursos es eficiente<sup>1</sup>. Así como coadyuvan al financiamiento de los proyectos de expansión y crecimiento, las firmas pueden realizar decisiones óptimas de producción e inversión generando empleo y crecimiento económico. Al disgregar la información disponible, los precios en estos mercados son estadísticos suficientes y proveen signos exactos para que los

---

<sup>1</sup> El término eficiente se entiende como la rapidez que la información es absorbida por el mercado para la formación de precios.

participantes converjan a las mismas decisiones relativas al ahorro e inversión<sup>2</sup>. Las decisiones óptimas de inversión contribuyen relativamente a que las empresas mejoren la eficiencia en la asignación de sus recursos productivos. Esto permite orientar adecuadamente las decisiones presupuestales que deben tomar relativos a los proyectos de inversión y financiamiento, Francisco López, (2004).

Ahora bien, para que el mercado cumpla con la función de diseminador de la información relevante, es necesario que lo haga de manera eficiente. De acuerdo con Fama (1970), para que la información relevante se propague y articule de manera eficiente, debe ajustarse inmediatamente a la nueva información generada por el mercado. Por lo tanto, un mercado de capitales es eficiente si los precios incorporan y absorben rápidamente la nueva información, de manera que reflejen completamente toda la información disponible. Si en la formación de precios, los mercados incorporan y absorben rápidamente la nueva información, entonces, no existiría oportunidad de obtener un *beneficio inusual*<sup>3</sup>. Sin embargo, si los precios de cualquier acción se ajustan de manera paulatina a la nueva información que llega al mercado, entonces, entre las transacciones existirá oportunidad de

---

2 Bajo este argumento los precios de los activos financieros reúnen y procesan la información disponible en el mercado. De aquí que son indispensables como fuentes de información para los participantes del mercado y de la economía en su conjunto.

3 Las condiciones suficientes más no necesarias para la eficiencia de los mercados de capitales según la HME son: Los agentes económicos son maximizadores racionales de la riqueza basándose en el procesamiento eficiente de toda la información disponible que incide en la rentabilidad de los activos de capital. No están coludidos y tienen acceso a la misma información, dado que los precios funcionan como estadísticos suficientes en el procesamiento y agrupamiento de la información disponible. No existen costos de transacción, y todos los participantes son concientes sobre las implicaciones de la información corriente sobre la formación del precio actual y de las distribuciones futuras de los precios de cada acción. No obstante, el mercado puede ser eficiente si tan solo un “número suficiente” de inversionistas tiene acceso a la información disponible.

conseguir *ganancias inusuales*. De acuerdo con Fama (1970), puede establecerse *el equilibrio de mercado en términos del modelo general de rendimientos esperados o juego justo*, es decir, que los rendimientos esperados se fundamenten únicamente en el conjunto de información reflejándose plenamente en los precios de los activos:

$$E(\tilde{p}_{j,t+1}|\Phi_t) = [1 + E(\tilde{r}_{j,t+1}|\Phi_t)]p_{j,t} \quad (1)$$

La ecuación 1 es denominada *valor del equilibrio de rendimientos esperados* (VERE)<sup>4</sup>, donde  $E$ ,  $p_{j,t}$  y  $r_{j,t}$  representan el operador del valor esperado, el precio de la acción  $j$  en el periodo presente y el rendimiento de la acción  $j$  en el periodo actual, respectivamente. Estableciendo que está reflejada completamente en  $p_t$ ,  $\Phi$  es el conjunto de información completamente utilizada para la determinación del VERE (precios). Dado que las acciones son activos financieros comercializadas en mercados spot de gran liquidez, debe suponerse que los cambios en los precios accionarios son resultado de procesos estocásticos, luego entonces, los precios no son predecibles en la medida que se incorpora la nueva información. Si los precios y rendimientos son variables aleatorias ( $\tilde{p}_{j,t+1}$  y  $\tilde{r}_{j,t+1}$ ), ningún inversionista esperaría obtener algún beneficio extraordinario siguiendo alguna regla comercial, (Pindyck y Rubinfeld, 2001)<sup>5</sup>. Por lo tanto, las expectativas de todos los participantes del mercado estarían dadas por:

---

4 Esta ecuación es solo una formalización al asumir que las condiciones de equilibrio pueden ser ajustadas en términos de rendimientos esperados y que el conjunto de información  $\Phi_t$  es usada en la formación de precios de mercado en el periodo  $t$ , (Fama, E., 1970).

5 Otros ejemplos son los modelos financieros sobre los futuros, opciones, entre otros activos financieros vinculados a mercancías, los cuales se basan en el supuesto que los precios spot siguen una caminata aleatoria.

$$x_{j,t+1} = p_{j,t+1} - E(\tilde{p}_{j,t+1}|\Phi_t) \quad (2)$$

$$E(\tilde{x}_{j,t+1}|\Phi_t) = 0 \quad (2.1)$$

Análogamente:

$$z_{j,t+1} = r_{j,t+1} - E(\tilde{r}_{j,t+1}|\Phi_t) \quad (3)$$

$$E(\tilde{z}_{j,t+1}|\Phi_t) = 0 \quad (3.1)$$

En la ecuación 2,  $x_{j,t+1}$  es el *exceso del valor del mercado* o *juego justo* de la acción  $j$  respecto al conjunto de información  $\{\Phi\}$ . El *rendimiento en exceso del mercado* del equilibrio de rendimientos esperados de la acción  $j$  respecto al conjunto de información  $\{\Phi\}$  está denotado por  $z_{j,t+1}$ . Las ecuaciones 2.1 y 3.1 son modalidades de un *juego justo* de precio y rendimiento esperado, para lo cual, es necesario que  $E(\tilde{z}_{j,t+1}|\Phi_t) = 0$ , y no esté correlacionado para cualquier rezago  $k^6$ . Los mercados eficientes requieren que los errores en la formulación sobre las expectativas de los rendimientos sean cero y no presenten un patrón que puede ser utilizado para obtener ganancias inusuales. En otras palabras que los rendimientos  $\{r_t\}$  oscilen aleatoriamente alrededor del valor del rendimiento esperado  $E(\tilde{r}_{j,t+1}|\Phi)$ , de tal forma que los errores esperados  $[z_{j,t+1} = r_{j,t+1} - E(\tilde{r}_{j,t+1}|\Phi_t)]$  se comporten para satisfacer el criterio de un *juego justo*  $[E(\tilde{z}_{j,t+1}|\Phi_t) = 0]$ , Rodríguez Domingo, (2004).

---

<sup>6</sup> Las covarianzas seriales entre los valores rezagados de una variable de juego justo son cero. Sin embargo, debido a la existencia de dependencia no lineales, esto no implica que las covarianzas seriales para un periodo es cero.

Bajo la HME, los precios actuales deben corresponder a sus valores de equilibrio y los rendimientos actuales deben oscilar de forma aleatoria alrededor de los rendimientos esperados (valores de equilibrio), de tal forma, que eliminen toda posibilidad de obtener *ganancias esperadas en exceso* de las *ganancias esperadas de equilibrio*<sup>7</sup>. La eficiencia del mercado representa en forma conjunta la hipótesis de los precios de equilibrio, y la hipótesis de la habilidad de los mercados para conducir los precios en correspondencia con los de equilibrio, Rodríguez Domingo, (2004). Por lo tanto, si los mercados son eficientes, los rendimientos esperados son *exclusivamente* acordes al nivel de riesgo de los activos financieros<sup>8</sup>. Lo cual significa que no es posible obtener ganancias o rendimientos extraordinarios de manera permanente mediante el uso de la información.

---

7 En este sentido la ineficiencia está dada por una falla en la conducción de los precios a su nivel de equilibrio, por lo que existirían oportunidades de ganancias inusuales.

8 Si las acciones son valuadas de manera racional (precio justo), el precio de las acción estaría valuado al valor presente del flujo esperado de dividendos; aunque los precios y los dividendos siguen caminatas aleatorias, éstas estarían vinculadas a una relación de largo plazo igual a la tasa de descuento (tasa que incluye y compensa el riesgo percibido) aplicada por los inversionistas para calcular el valor presente de sus ganancias. (Pindyck y Rubinfeld, 2001). De acuerdo con Schwert (1989), un incremento en la tasa de descuento debería reducir el valor presente (precio justo) de la acción:

$$E_{t-1}P_t = E_{t-1} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{D_{t+k}}{[1 + R_{t+k}]^k}$$

Donde  $E_{t-1}$ ,  $P_t$  y  $D_{t+k}$  representan la esperanza condicionada sobre el conjunto de información generada (esperanza condicional), el precio de la acción y el capital de los dividendos ganados a los tenedores en el periodo t+k, respectivamente. La tasa de descuento para el periodo t+k basado sobre la información disponible t-1 es denotada por  $1/[1 + R_{t+k}]$ .

En mercados de capitales eficientes, la información asimétrica y limitada de los rendimientos futuros inciden en la formación de precios erróneos. Sin embargo, el mecanismo de la especulación financiera funciona como una fuerza estabilizadora y por lo tanto, la existencia de beneficios en exceso sería eliminada. Los especuladores que calculen correctamente la dirección de precios compatibles con los rendimientos reales obtendrán utilidades, y la racionalidad asegura quienes hayan previsto mal corrijan sus estrategias operacionales o desaparezcan completamente del mercado.

La hipótesis de los mercados eficientes postula tres tipos de eficiencia de acuerdo con la disponibilidad de la información existente:

- ◆ ***Eficiencia en sentido débil***, es decir, cuando los precios actuales reflejan plenamente los precios históricos. Esto implica, que **el análisis técnico es irrelevante**. Para entender los fundamentos e implicaciones de la HME en su sentido débil, trataremos de explicarla con mayor rigor en la siguiente sección.
- ◆ Si los precios actuales de los activos reflejan (se ajustan inmediatamente) plenamente la información públicamente disponible (reportes de ganancias anuales, splits, nuevas emisiones de acciones, entre otros), se dice que existe ***eficiencia en el mercado en su forma semifuerte***. Esta eficiencia implica que **el análisis fundamental no es relevante**. En este sentido, *la eficiencia en su forma semifuerte implicaría la eficiencia en su forma débil*.

- ◆ Si los precios de los activos reflejan plenamente toda la información (información privada, información privilegiada que tienen acceso solo ciertos agentes o grupos económicos) se dice que existe ***eficiencia en el sentido fuerte***, lo cual implica que **cualquier tipo de información no es útil**<sup>9</sup>. En este sentido, *la eficiencia en su forma fuerte implica la eficiencia semifuerte, y ésta la eficiencia débil.*

### 1.1. Eficiencia en Sentido Débil.

Cuando los precios actuales de las acciones reflejan plenamente los precios históricos, se dice que existe *eficiencia en el mercado en forma débil*, lo cual implica que *el análisis técnico no es útil* y no se podría por ningún motivo pronosticar los precios de cualquier acción a partir de su pasado y por consiguiente obtener rendimientos mediante este proceso. Por lo tanto, la prueba de eficiencia en sentido débil consistiría en verificar si los precios actuales reflejan completamente la información contenida en los precios históricos. Si es así, se dice que el mercado es *eficiente en su forma débil*, es decir, si los precios actuales reflejan completamente y de forma inmediata la información disponible, de manera que eliminen cualquier posibilidad de obtener *beneficios excesivos* usando la información del historial de precios.

Si los precios actuales absorben lentamente la nueva información generada en el mercado, puede generarse oportunidades de *ganancias excesivas* o *ganancias inusuales* al inicio de

---

<sup>9</sup> Por ejemplo, existe la posibilidad que los especialistas bursátiles tengan poder monopólico sobre un importante conjunto de información. De esta forma, el uso de información privilegiada para obtener un beneficio, representa una forma de ineficiencia del mercado en su forma fuerte, Fama E., (1970).



los cambios de los precios. De acuerdo con la HME, la posibilidad de predecir los precios accionarios significaría irracionalidad asociada a *fallas de mercado* como fenómenos de *excesiva volatilidad*. Si una importante información llega al mercado y no puede ser evaluada inmediatamente de forma precisa, existirá alguna posibilidad de obtener beneficios extraordinarios. De acuerdo con Fama (1970), en ocasiones el precio inicial se sobreajustará y en otras ocasiones se subajustará a la nueva información, no obstante el gran cambio inicial al menos representa un ajuste parcial al último efecto de la información, siendo suficiente para el modelo de rendimientos esperados de mercados eficientes.

En los primeros tratados de los mercados de capitales eficientes, el supuesto que los precios corrientes accionarios reflejan completamente toda la información disponible, implicó que los cambios sucesivos son independientes e idénticamente distribuidos, Fama E., (1970). Es decir, dado que la información generada en el mercado es aleatoria y que el mejor pronóstico del precio de una acción es su valor más reciente como sucede con la mayor parte de los precios del mercado de valores, el proceso generador de los precios puede ser considerado como una *caminata aleatoria*<sup>10</sup>. En este sentido, el modelo de camino aleatorio puede ser considerado como una extensión del *modelo general de rendimientos esperados o juego justo* de los *mercados de capitales eficientes*. En el modelo de camino aleatorio la función condicional es idéntica a la distribución de probabilidad marginal de una variable aleatoria independiente:

---

10 Si se pudiera elaborar un modelo de pronóstico para la serie de precios históricos sería concebible hacer dinero especulando en los mercados futuros (superando los mercados), sin embargo, no hay modelo que pueda ayudar a superarlo, Pindyck y Rubinfeld, (2001).

$$f(r_{j,t+1}|\Phi_t) = f(r_{j,t+1}) \quad (4)$$

La ecuación 4 indica que la distribución de probabilidad es independiente al conjunto de información ( $\Phi_t$ ). En adición, si se restringe la ecuación 4, de forma que el rendimiento esperado de la acción j es constante en el tiempo, la media de la distribución será independiente de la información disponible ( $\Phi_t$ ) en el sentido que la secuencia o el orden de los rendimientos pasados (historial de precios) no influyen en la valuación de las distribuciones de los rendimientos futuros:

$$E(\tilde{r}_{j,t+1}|\Phi) = E(\tilde{r}_{j,t+1}) \quad (5)$$

De acuerdo con la ecuación 5, el historial de precios no contiene ninguna información relevante en la formación de las expectativas del rendimiento de la acción. Ningún inversionista “especulativo” sería capaz de predecir el comportamiento futuro de los precios accionarios, es decir, *no podría vencer al mercado*<sup>11</sup>. De esta forma, no existirían oportunidades de *ganancias extraordinarias* y estrategias formuladas mediante el uso de la información si los mercados se comportan de manera eficiente. Por tal motivo, los rendimientos esperados de una acción estarían únicamente determinados por su nivel de riesgo<sup>12</sup>.

---

11 El análisis fundamental es una técnica que permite medir el valor teórico de una acción (precio justo) mediante el análisis económico y financiero de la empresa como es el análisis de crecimiento y reparto de utilidades, razones financieras, ventas, costo de explotación, etcétera. El análisis técnico únicamente toma como referencia la información de las series históricas de los precios de las acciones.

12 Por ejemplo, el Capital Asset Pricing Model (CAPM) establece una relación entre riesgo y rendimiento esperado para un activo financiero bajo condiciones de equilibrio de mercado. El rendimiento esperado de cualquier acción es el descuento que debe ser aplicado,

Estas consideraciones tienen implicaciones muy importantes en la metodología ARMA de series de tiempo. Bajo estas condiciones, no sería posible modelar el comportamiento del mercado accionario y por lo tanto predecir su comportamiento futuro. Si el mercado accionario mexicano en el periodo de estudio tiene características de un mercado eficiente, el análisis del proceso generador de la serie de rendimientos accionarios del IPC estaría restringido mediante la metodología econométrica ARMA. En este sentido, no podríamos modelar la media de rendimientos (valor esperado) y por lo tanto, no sería factible el análisis de (varianza) la volatilidad asimétrica. Para entender por qué no sería posible capturar las características de la aleatoriedad de la serie de precios y rendimientos en un mercado eficiente mediante la metodología ARMA, explicaremos las principales características de la *caminata aleatoria* en la sección 3.2.2.

## 1.2. Varianza Inestable en Acciones

Como hemos mencionado, la HME supone que los precios se mueven alrededor de su valor fundamental y la posibilidad de predecir los precios está asociada con *fallas de mercado* como *excesiva volatilidad*, la cual es indicativa de irracionalidad e ineficiencia del mercado<sup>13</sup>. Diversos investigadores han investigado si la volatilidad en los precios accionarios reflejan racionalmente los cambios en los fundamentos. De acuerdo con Ackert

---

de esta forma el valor del activo es el valor presente descontado. El rendimiento esperado es una función lineal de la covarianza del rendimiento del activo con el rendimiento del mercado, dividido por la varianza del rendimiento del mercado.

<sup>13</sup> Bajo este argumento, la volatilidad es una reacción ante la incertidumbre generada por la insuficiencia de información, es decir, los temores excesivos y la concentración de la información pública y privada son factores que producen las fluctuaciones en los precios de las acciones.

y Smith (1993), la HME implica en los movimientos que los precios accionarios se deben por lo cambios en las tasas de descuento o por la nueva información relativa al flujo futuro de dinero<sup>14</sup>. Sin embargo, varios estudios han demostrado empíricamente que diversos precios y rendimientos de varios activos financieros no siguen un camino aleatorio con una tendencia constante. Puede observarse empíricamente cierta dependencia entre el comportamiento de períodos precedentes y el comportamiento del período actual. De esta forma, el componente transitorio es asociado con fenómenos como autocorrelación serial negativa en los rendimientos y reversibles a la media histórica, originados por la variación en el tiempo de los rendimientos esperados<sup>15</sup>. Por lo anterior, se puede establecer la existencia de ciertas regularidades en el comportamiento, permitiendo modelar la media y varianza condicional e inferir en sus comportamientos futuros<sup>16</sup>.

Asimismo, en las primeras formulas para la valoración de opciones y en algunos modelos de equilibrio de rendimientos esperados sobre acciones y bonos, se supuso convencionalmente que la volatilidad era una constante en el transcurso del tiempo. No obstante, en los mercados financieros reales se presentan periodos de turbulencia en los que siguen periodos de calma, el comportamiento de la varianza de los rendimientos accionarios es variable en el tiempo. Se ha observado empíricamente que grandes cambios en los rendimientos tienden a ser seguidos por cambios en magnitudes proporcionales y

---

<sup>14</sup> Se espera que la volatilidad se incremente cuando la nueva información llegue al mercado, y regrese a su nivel normal una vez que los precios incorporen completamente la información. Por lo tanto, la cuestión es determinar que tanto toma al mercado incorporar la nueva información, es decir, medir la persistencia de la volatilidad de los rendimientos, Ackert y Smith (1993).

<sup>15</sup> El rechazo del camino aleatorio no significa el rechazo de la HME si los rendimientos esperados varían en el tiempo.

<sup>16</sup> Se denomina media y volatilidad condicional por que están condicionadas por el conjunto de información existente hasta el periodo presente.

cambios pequeños por movimientos menores, independientemente del signo. Es decir, existe cierto consenso respecto a que los cambios en los precios de gran magnitud son seguidos por grandes cambios de cualquier signo, mientras cambios pequeños tienden a ser seguidos por cambios pequeños. La volatilidad en los mercados accionarios ha presentado patrones inestables en el tiempo, es decir, hay evidencia estadística de correlación serial y de una varianza no constante (heteroscedasticidad). La presencia de heteroscedasticidad y correlación serial en los mercados accionarios han sido identificadas en agrupamientos de varianza en grandes cantidades, indicando presencia de una volatilidad dinámica respecto al tiempo.

Así como puede rechazarse la proposición que la volatilidad en acciones cambia en el transcurso del tiempo, se ha presentado evidencia empírica que la volatilidad futura es asimétrica ante efectos negativos y positivos de igual magnitud, [Bessembinder y Seguin (1993), Fernández y Manzana, (2002), Johnson y Soriano (2004)]. En finanzas, existe consenso sobre los efectos asimétricos de las noticias positivas y negativas de igual magnitud en la volatilidad futura de los rendimientos accionarios, es decir, sobre el impacto de los shocks positivos y negativos de igual magnitud en la varianza. En este sentido, diversos trabajos sobre el análisis de la volatilidad en los mercados accionarios han presentado evidencia estadística de correlación serial negativa entre rendimientos accionarios y varianza condicional, [Black F. (1976), Christie A. (1982), Schwert (1989), Bekaert y Wu (2000)].

Una explicación macroeconómica de la varianza inestable sostiene que la interacción entre los mercados financieros internacionales pueden ser motivos suficientes para cambios

inesperados en la volatilidad. La transmisión de la información, el creciente proceso de liberalización financiera ha originado un incremento en los contagios de los movimientos de los mercados desarrollados hacia el resto. En este sentido, la existencia de factores en la valoración de los activos entre varios mercados, la asimetría y la aparición de la información en oleadas son algunos factores que motivan la transmisión y la persistencia de la volatilidad en los mercados bursátiles. De acuerdo con Izquierdo Fernández y Manzana Aragón (2002), existe una relación positiva entre el grado de liberalización de la economía y la transmisión de la volatilidad originada por el proceso generador de la información. En este sentido, la volatilidad de un mercado bursátil puede ser explicada por la volatilidad retardada (volatilidad pasada) de otro mercado. Adicionalmente existe un efecto asimétrico en la volatilidad en el que las innovaciones negativas aumentan la volatilidad ante innovaciones positivas de igual magnitud.

Otra explicación macroeconómica sostiene que la firma con tecnología que genere rendimientos promedio mayores, será susceptible a ser más riesgosa. Las elecciones tecnológicas al considerar un menú de posibilidades, las tasas promedio de rendimientos y sus tasas promedios de las volatilidades, estarían positivamente correlacionadas, (Lanteri Luis, 204).

Schwert W. (1989) en su trabajo *Why Does Stock Market Volatility Change Over Time?*, algunas de las principales explicaciones para la volatilidad inestable en acciones son los cambios en los rendimientos esperados, tasas de interés, dividendos, tasas de descuento, flujos de dinero, inflación, circulación del dinero, producción industrial, entre otras variables de la actividad económica. Argumenta que si la varianza condicional de la acción

depende de las expectativas futuras del flujo de dinero y de la tasa de descuento, la varianza condicional de los precios es proporcional a la varianza condicional de los flujos futuros esperados. Es decir, si a nivel agregado el valor de la acción corporativa depende de la riqueza de la economía, la volatilidad puede ser afectada por la incertidumbre macroeconómica. Así, los cambios en el nivel de incertidumbre de las condiciones macroeconómicas futuras podrían causar cambios proporcionales en la volatilidad de los rendimientos<sup>17</sup>. Por ejemplo, si el banco central modifica la posición de las curvas de carteras al realizar subastas de los “títulos libres de riesgo”, podría generar nuevas expectativas sobre los precios de los activos. Luego entonces el inversionista debería analizar las curvas de carteras eficientes en el corto plazo, y de acuerdo a su conveniencia de inversión, realizar una posición estratégica en el mercado.

Otros estudios han relacionado los cambios en la volatilidad de los precios accionarios con el volumen operado. Bessembinder y Seguin (1993) encuentran que la volatilidad de algunos activos del mercado de futuros es asimétrica. Estos autores consideran que los shocks positivos en el volumen del mercado repercuten más del doble en los precios que los shocks negativos de igual magnitud.

De acuerdo con Johnson y Soriano (2004), es posible establecer una correlación negativa entre los requerimientos de márgenes de utilidad y la volatilidad del precio de las acciones. Bajo este argumento, los márgenes de utilidad son determinantes en la reducción de la

---

<sup>17</sup> Siguiendo esta secuencia, Schwert menciona que es probable que la volatilidad de la actividad económica real sea la principal causa de la volatilidad accionaria.

volatilidad, ya que son mecanismos para disminuir la especulación y el riesgo que toman los operadores de mesas de dinero.

La hipótesis de la variación en el tiempo de la prima del riesgo, *volatility feedback effect* es una explicación de la asimetría en la varianza de los rendimientos accionarios. Arguye que los incrementos anticipados en la volatilidad, *ceteris paribus*, inducen a cambios en los rendimientos requeridos (tasa de descuento) sobre la acción. Permaneciendo constantes los dividendos, el incremento de los rendimientos requeridos conducen inmediatamente a un declive del precio de la acción (volatilidad persistente). Esto se refiere a que las noticias positivas o negativas incrementan la volatilidad presente y futura. De esta forma, la asimetría de la volatilidad responde a shocks en los rendimientos reflejando probablemente la existencia de la variación en el tiempo de la prima del riesgo. Bekaert y Wu (2000), explican que la volatilidad es asimétrica en el nivel de la firma cuando la covarianza condicional es asimétrica, es decir, cuando la covarianza entre los rendimientos accionarios del mercado y de la firma responden más a choques negativos que positivos la *volatility feedback effect* es más fuerte.

El artículo *Studies of Stock Price Volatility Changes*, publicado por Black Fischer en 1976, menciona diversas razones de la volatilidad cambiante en el mercado accionario. La volatilidad inestable es asociada con los cambios en las volatilidades sobre otras acciones, sin embargo, el autor también relaciona los cambios en el nivel de los precios accionarios con el nivel de su varianza, atribuido por el *efecto leverage financiero*. De esta manera, presenta una correlación negativa entre los rendimientos accionarios y su varianza futura



explicada por el efecto apalancamiento financiero de la firma (en el capítulo 2 desarrollaremos esta teoría).

El análisis de volatilidad asimétrica es fundamental para una mayor administración eficiente de las carteras de inversión; con esta nueva concepción del riesgo, el estudio de varianzas es relevante para el análisis de probabilidad de pérdidas potenciales que pueda sufrir una cartera de inversión relacionadas por variaciones de los precios de los activos financieros ante posibles efectos asimétricos<sup>18</sup>. Permite analizar el riesgo a cambio de un rendimiento esperado, formar expectativas, tomar decisiones y realizar estrategias de inversión de portafolio ante efectos de noticias negativas y positivas de igual magnitud. Por ejemplo, tomar decisiones óptimas, y obtener mayores rendimientos a un riesgo inferior en relación a estrategias conservadoras *buy and hold*<sup>19</sup>. Desde la perspectiva del emisor del activo financiero, si está consciente de las implicaciones que tiene la percepción del mercado en la calificación de su activo, estaría siempre en disposición por analizar su rendimiento y volatilidad futura. Razones suficientes para que el inversionista esté interesado en analizar la media y varianzas condicional, mientras que el emisor en la media y varianzas no condicional.

Desde el punto de vista macroeconómico, estudiar la volatilidad de los mercados financieros con estas nuevas concepciones sería interesante con la relación del ciclo

---

18 Por convención, los factores de riesgo son los cambios inesperados en los precios de las divisas, tasas de interés e inflación.

19 Estrategia de inversión pasiva que consiste en comprar una acción y venderla al final del periodo de vencimiento. La conservación de la acción que otorga el derecho de recibir dividendos por los beneficios obtenidos de la empresa emisora y la diferencia entre el precio de venta y el precio de compra constituye la rentabilidad de la inversión.

económico. Por ejemplo, empíricamente se han encontrado relación estadística entre el nivel de volatilidad del mercado accionario y la volatilidad de algunas variables macroeconómicas reales y nominales<sup>20</sup>. En este sentido, los cambios en el nivel de volatilidad de mercado pueden tener efectos importantes sobre variables importantes como el consumo e inversión. Por ejemplo, se sabe que la volatilidad es más alta durante en periodos de recesiones que en expansiones, tal como sucedió durante la crisis de la Gran Depresión de 1929-1939, Schwert W. (1989).

La capacidad para estimar la volatilidad futura es importante para la selección de portafolios, la administración de activos financieros y el diseño óptimo de las estrategias de futuros, también es fundamental para la determinación de los precios de las opciones. *Si bien más investigadores están de acuerdo con la capacidad de predecir la volatilidad en diversos mercados financieros, ellos discrepan sobre cómo debería ser modelada*, Engle y Ng (1993).

## **1.2. Contexto Macroeconómico del Periodo de Estudio**

En México, con el argumento de constituir medios suficientes de financiamiento para las actividades productivas de las empresas, mayor competitividad económica y un crecimiento económico sostenido, en los últimos 15 años se han generado un conjunto de ajustes en la estructura, regulación y apertura en los flujos comerciales. Asimismo, con la idea de que países con mercados de capitales más eficientes y desarrollados están en condiciones de

---

<sup>20</sup> Para un estudio detallado de la relación entre la volatilidad de acciones con variables macroeconómicas reales y nominales, léase por ejemplo Schwert W. (1989).

obtener tasas más altas de crecimiento económico, se inició el proceso de liberalización en los flujos de capitales. Los mercados liberados de la intervención gubernamental llevarían a optimizar económicamente la determinación de los precios de los activos de capital y la asignación eficiente de los recursos. La liberalización financiera permitiría obtener menores costos financieros, una incorporación más rápida de las innovaciones, mejor asignación eficiente de los recursos, mayor diversificación de los riesgos y una mayor liquidez a los mercados financieros.

Para obtener un mercado de capitales eficiente que coadyuvara al crecimiento económico, se inició un proceso de modernización de la estructura financiera e institucional, se llevaron políticas para la estabilidad macroeconómica y prácticas de regulación y supervisión en el funcionamiento del sistema financiero<sup>21</sup>. Por ejemplo, la fijación de la tasa de interés era una restricción financiera para los flujos de inversión, así como para las oportunidades en diversificación de la cartera internacional (internacionalización) y en la disminución del margen entre tasas activas y pasivas del sector bancario. Bajo el supuesto que el régimen de libre flotación permitiría evitar las corrientes de capital especulativo y absorber parcialmente las perturbaciones externas e internas mediante el mecanismo de rápida absorción de la crisis de la balanza de pagos, el régimen se implementó a partir de 1995. Asimismo, se enfatizó sobre la política monetaria orientada al control de la inflación para

---

<sup>21</sup> Por ejemplo, de acuerdo con Mushfiq, (2005), el crecimiento estable es un importante objetivo de las políticas económicas. El desarrollo requiere incrementos sostenidos en el ingreso, y la volatilidad es costosa para la pobreza y el deterioro del crecimiento.

que coadyuvara en la creación de empleos, niveles mayores de inversión, mayores salarios reales y una mejor distribución de la riqueza<sup>22</sup>.

También debemos considerar que actualmente las políticas económicas están orientadas al fortalecimiento del sistema financiero<sup>23</sup>, la prudente administración de las finanzas públicas, estabilidad macroeconómica, de tal forma, que la afluencia de capitales externos coexista con expectativas de largo plazo. En este contexto, la estabilidad financiera proporcionaría un alto grado de confianza a los participantes, de modo que puedan mantener sus operaciones en el tiempo sin interrupciones y una confianza razonable en que los precios financieros reflejen completamente los fundamentos económicos, Marshall Jorge, (2000).

### **1.1.1. El Índice de Precios y Cotizaciones**

En México, la globalización financiera y la escasez del crédito de la banca comercial y de desarrollo han permitido en los últimos años, el crecimiento y desarrollo del mercado bursátil como fuente alterna de ahorro financiero (al satisfacer las necesidades de liquidez) y el financiamiento para la acumulación de capital. Asimismo, los montos canalizados en estos mercados han sido esenciales en la diversificación y constitución de portafolios con

---

<sup>22</sup> Cuya instrumentación ha cambiado de neutral a restrictiva y cuyos niveles objetivos de inflación convergieran con los principales socios comerciales a partir de 2003.

<sup>23</sup> Además, de la implementación de nuevos productos y mercados financieros como ha sido el desarrollo del mercado mexicano de derivados (MexDer), el cual, ha permitido desarrollar y profundizar el mercado de coberturas.

diferentes perfiles en la estructura riesgo-rendimiento y para una mayor eficiencia en la administración de los riesgos financieros.

A fin de crear un mercado donde pudieran interactuar oferentes y demandantes de activos financieros listadas en bolsa con baja liquidez, vencimiento de largo plazo<sup>24</sup> y rendimiento variable se inició la conformación de un mercado de capitales, cuyos orígenes se remontan a partir de 1894. Sin embargo, no fue sino hasta el año de 1975 cuando se promulgó la Ley de Mercados de Valores como instrumento legal para regular las actividades bursátiles<sup>25</sup>. Así, en 1982 inició un importante proceso de expansión del mercado de valores hasta culminar con la crisis bursátil de 1987.

El mercado de valores mexicano opera a través de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV). Al ser mercados organizados, la BMV proporciona a los participantes la infraestructura y la información necesaria sobre los valores cotizados y operaciones bursátiles. Su principal indicador es el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC), el cual representa el rendimiento del mercado accionario en función de las variaciones de los precios y rendimientos de un conjunto de acciones más representativas. Este indicador está ponderado por el valor de capitalización de las 35 emisoras que lo conforman y tiene como base el 30 de octubre de 1978:

---

24 Convencionalmente se denomina largo plazo a periodos superiores de 1 año. No obstante el concepto es relativo de acuerdo con los cambios relevantes de las variables económicas y/o financieras del activo financiero subyacente.

25 Las entidades de apoyo bursátil están reguladas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), el Banco de México (BANXICO) y la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV).

$$IPC_t = IPC_{t-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^n P_{it} * Q_{it}}{\sum_{i=1}^n P_{it-1} * Q_{it-1} * F_{it}} \right) \quad (6)$$

Donde  $IPC_t$ ,  $P_{it}$ ,  $F_{it}$  y  $Q_{it}$  denotan el índice actual, el precio actual de la acción de la emisora  $i$ , un factor de ajuste por ex derechos y el número actual de acciones de la emisora  $i$ , respectivamente.

El IPC, al estar constituido por las acciones de mayor bursatilidad, refleja el dinamismo del mercado bursátil, por esta razón, está relacionado con el desempeño de las empresas emisoras y con las condiciones generales de la economía. Este indicador o *benchmark* permite medir el rendimiento y compararlo con otras alternativas de inversión, lo cual es indispensable para la elaboración de estrategias y expectativas que conforman en la elaboración de un portafolio de inversión. Actualmente los sectores de comunicaciones y transportes, industria y construcción conforman el 85% del índice.

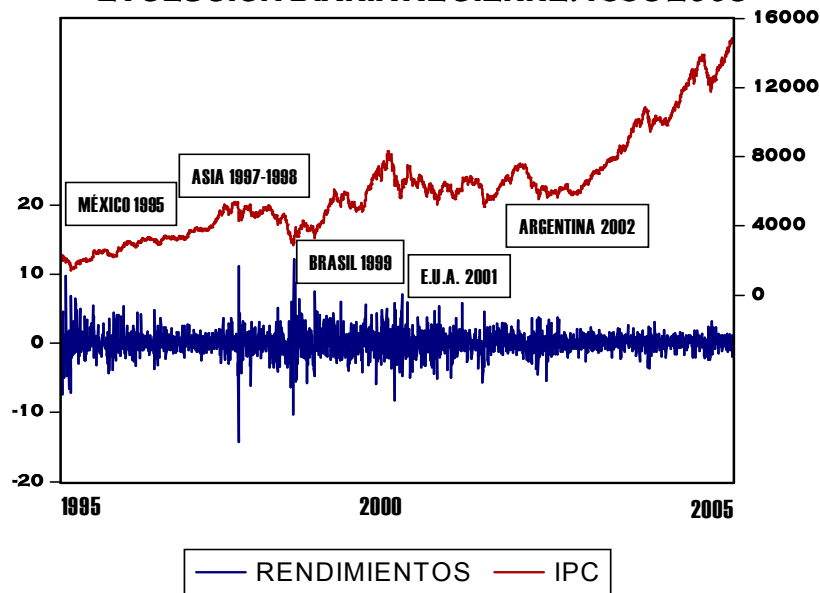
Es importante resaltar, adicionalmente, que con el objetivo de ampliar el número de participantes mediante la introducción y promoción de nuevos instrumentos y vehículos alternativos, la internacionalización y el desarrollo del mercado de valores han permitido ofrecer y operar valores extranjeros mediante una plataforma denominada "Mercado Global BMV". Además de las acciones de las empresas mexicanas, la BMV cuenta actualmente con los Certificados bursátiles, opciones y futuros de tipo de cambio, tasas, acciones e índices accionarios, acciones de empresas extranjeras y los principales índices globales y el

oro. Actualmente ha comenzado la incursión de un mayor número de firmas extranjeras. Con la entrada del mercado global, las emisoras del índice Dow Jones, Nasdaq y de las 50 principales europeas, se han registrado hasta noviembre de 2004, un total de 163 emisoras extranjeras.

### **1.3.1. Análisis Histórico del IPC**

La experiencia de la década de los años noventa muestra que los flujos de capitales hacia los países emergentes son altamente volátiles. Estos mercados financieros se han caracterizado por tener mayores rentabilidades acumuladas y por ende, grandes niveles de volatilidad. Los descensos de los rendimientos de los bonos de los mercados financieros desarrollados generan entre los inversionistas internacionales una mayor demanda de títulos financieros en los mercados financieros emergentes, generando una mayor liquidez a estos mercados. Sin embargo, la interacción con los mercados financieros internacionales más desarrollados, han repercutido en una mayor transmisión de la información, ocasionando contagios de volatilidad, Izquierdo y Manzana, (2002). Diversos estudios han encontrado mayores rentabilidades esperadas en los mercados emergentes, lo cual supone que los mercados menos desarrollados sufren de una mayor volatilidad, además que tienden a ser más predecibles y tienen una mayor correlación con las variables macroeconómicas internas. Tal es el caso del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores, como puede observarse en la gráfica 1, los valores diarios al cierre (IPC) y los rendimientos diarios indican periodos de alta y baja volatilidad. Los picos y clústeres de la línea de rendimientos durante 1995, 1998, 2000 y 2001 son indicadores de altos niveles de volatilidad.

**GRÁFICA 1.  
EVOLUCIÓN DIARIA AL CIERRE: 1995-2005**



Las crisis financieras internacionales, en su mayoría, han estado relacionadas con el movimiento de las corrientes internacionales de capitales. Estas crisis han sido asociadas con grandes y persistentes incrementos en la volatilidad, Rigobon (2003). La crisis financiera mexicana de 1994, la crisis asiática de 1997, la crisis de Japón en 1998, la crisis cambiaria de Brasil en 1999 y las recesiones económicas de Argentina y E. U. en los últimos años, han generando altos niveles de volatilidad en el mercado accionario mexicano, (gráfica 1).

La crisis financiera mexicana del 19 de diciembre de 1994, causada por la deuda externa de 1982, la cartera vencida del sector financiero y el abandono de la tasa cambiaria fija, ocasionó fugas de los flujos de capital y una contracción económica para 1995. Esta crisis trascendió en altos niveles de volatilidad en el mercado accionario mexicano. En la gráfica 1, puede observarse que durante la crisis financiera mexicana el IPC sufre una gran caída,



presentando altos niveles de volatilidad. Sin embargo, un año después, ante expectativas de crecimiento económico, la disminución de la tasas de interés e inflación, permitieron una relativa estabilidad en el mercado accionario, tanto así, que en el mismo año se reanudaron los flujos de capital en inversión extranjera de cartera<sup>26</sup>.

El ataque especulativo en Tailandia en junio de 1997 y la crisis monetaria de los países asiáticos en octubre del mismo año, repercutieron en inestabilidad en los mercados financieros nacionales e internacionales. En 1998, el agravamiento de la crisis asiática, la quiebra de la Banca japonesa, la contracción económica mundial, la caída de los precios del petróleo y el colapso de los bonos rusos, contribuyeron en la generación de periodos de volatilidad en el mercado accionario mexicano. Estos sucesos de 1998, también repercutieron en salidas moderadas por concepto de inversión de cartera y depreciación de la cotización del peso frente al dólar norteamericano.

En 1999, el ajuste cambiario brasileño y la incertidumbre ante un efecto contagio, propiciaron considerable inestabilidad y volatilidad financiera, sin embargo, el desempeño del mercado de valores norteamericano, el crecimiento de la economía mexicana y el control de la inflación, coadyuvaron para una expansión importante del mercado bursátil mexicano.

La crisis Argentina en 2000, los sucesos del 11 de septiembre del 2001, la guerra en Irak, la incertidumbre sobre los mercados financieros emergentes, la recesión de la economía

---

<sup>26</sup> De acuerdo con Rigobon (2003), el fin de la crisis mexicana ha sido fechada alrededor del 31 de marzo de 2005 cuando los mercados se mantuvieron más estables después del bailout de E. U.

norteamericana y mundial, y las quiebras corporativas de Enron y WorldCom en el 2002, mitigaron el optimismo en los mercados financieros nacionales e internacionales. Algunos de los principales índices accionarios del mundo perdieron gran parte de su valor, por ejemplo, en septiembre de 2002 el índice Nikkei registró su 19 pérdida del año, el NASDAQ, Germany's Neuer Market y Switzerland's New Market registraron importantes pérdidas en esas fechas. Sin embargo, el comportamiento y dinamismo del IPC fue relativamente favorable durante 2001 y 2002, motivado por los mayores niveles de certidumbre generados por la nueva política monetaria y fiscal, las cuales han permitido bajas tasas de interés, aumentos significativos en las reservas internacionales, niveles bajos del riesgo país e inflación.

Durante 2004 y 2005, la disminución de las tasas de interés internas, la baja de los rendimientos de los bonos del Tesoro de E. U., el menor riesgo país, una moneda relativamente estable<sup>27</sup>, el crecimiento económico mundial, las menores presiones inflacionarias y el crecimiento de las utilidades de las principales empresas mexicanas, coadyuvaron a menores niveles de volatilidad. Por ejemplo, durante el año 2005, a pesar del incremento del precio del petróleo, las condiciones del mercado accionario mexicano se mantuvieron estables. De acuerdo con diversos analistas financieros, las condiciones favorables de los mercados internacionales, el menor riesgo país cercano a niveles históricos de 100 puntos, el incremento de las reservas internacionales, una moneda

---

27 Así mismo la moneda nacional ha alcanzado una mayor fortaleza y estatus de divisa mundial. Tanto así que en un artículo publicado en Euromoney en su edición de septiembre se menciona al peso mexicano como una moneda global para América Latina, Salgado (2005).

relativamente estable, una política monetaria más relajada y la solidez de las emisoras de triple A fueron factores fundamentales para sólidas trayectorias alcistas de la BMV nunca vistas desde 1986. Tanto así que en el mismo año, la BMV fue publicada en la lista de las diez primeras bolsas del mundo con el mayor incremento de emisoras extranjeras y una de las mejores opciones de inversión del sistema financiero mexicano.

#### **1.4. Conclusiones**

De acuerdo con la HME, los precios se mueven alrededor de su valor fundamental y la posibilidad de predecir los precios está asociada con fallas de mercado como excesiva volatilidad, la cual, es indicativa de irracionalidad e ineficiencia del mercado. Bajo este criterio, la volatilidad es considerada como una reacción ante la incertidumbre generada por la insuficiencia de información, es decir, los temores excesivos y la concentración de la información pública y privada son factores que producen las fluctuaciones en los precios de las acciones. Estas consideraciones tienen importantes implicaciones, por ejemplo, los rendimientos esperados estarían limitados exclusivamente al nivel de riesgo de los activos financieros, es decir, el rendimiento esperado estaría vinculado a una relación de largo plazo igual a la tasa de descuento aplicada por los inversionistas para calcular el valor presente de sus ganancias.. Asimismo, no sería posible predecir el valor futuro de una acción, y por tanto, oportunidad de obtener ganancias inusuales considerando el historial de precios. Además, limitaría el ajuste del historial de precios como estadísticos a un modelo de pronóstico de series de tiempo bajo la metodología ARMA que explicaremos en el capítulo 3.

No obstante, así como existe actualmente consenso que diversos precios y rendimientos de varios activos financieros no siguen un camino aleatorio con una tendencia constante, se ha reportado que la volatilidad en acciones cambia en el transcurso del tiempo coexistiendo con fenómenos asimétricos. Por ejemplo, en el análisis de varianza sobre la serie de rendimientos diarios del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores, se ha manifestado persistencia de heterocedasticidad, es decir, varianza inestable como lo indican los agrupamientos o *clusters*.

De esta manera, las grandes crisis bursátiles en los últimos años han llevado a una mayor evaluación de las pérdidas potenciales que pueda sufrir un inversionista ante fluctuaciones asimétricas en el mercado. Así como la nueva conjetura relativa al análisis de volatilidad asimétrica es un nuevo mecanismo que permite cuantificar el riesgo, medir el grado de volatilidad considerando asimetría en los índices accionarios es pertinente para la elaboración de estrategias y expectativas que conforman en la elaboración de un portafolio de inversión.

## CAPÍTULO 2. EFECTO LEVERAGE FINANCIERO

Como señalamos anteriormente, uno de los principales temas de investigación en la administración de portafolios y valoración de acciones ha sido el análisis de la volatilidad asimétrica, es decir, el análisis de los efectos de las noticias positivas y negativas de igual magnitud en la volatilidad futura. Para explicar esta asimetría, varios estudios empíricos han propuesto una relación entre los rendimientos accionarios y su varianza. El *efecto leverage financiero* propone una relación negativa entre la volatilidad y el valor de la acción atribuida por el nivel de apalancamiento financiero de la firma. En este sentido, el *efecto leverage financiero*, como explicación de un caso particular de la asimetría, arguye que las noticias negativas (caídas en los precios de las acciones) afectan en mayor medida a la volatilidad futura que las noticias positivas (incrementos en los precios) de igual magnitud. Por convención, la asimetría no es relacionada cuando las innovaciones positivas afectan en mayor medida a la volatilidad futura que las innovaciones negativas de igual magnitud. Por esta razón, el *efecto leverage financiero* es comúnmente relacionado con la primera forma en que puede presentarse la asimetría en la varianza.

En este capítulo nuestro análisis estará centrado en explicar parte de la volatilidad asimétrica con los cambios en los precios accionarios (efecto noticias) atribuidos por los cambios en los niveles de apalancamiento financiero (*efecto leverage financiero*). Explicaremos el proceso por el cual los cambios en el nivel de apalancamiento financiero afectan la volatilidad futura de los rendimientos accionarios, de tal forma que, la volatilidad decrece cuando los precios accionarios se incrementan y crece la volatilidad cuando los precios caen.

## 2.1. Riesgo y Rendimiento Esperado en Acciones

De acuerdo con Black F. (1976), predecir el cambio en la volatilidad futura implica predecir el cambio en magnitud y dirección de los precios accionarios. La relación entre rendimientos accionarios y cambio en la volatilidad permite conocer el cambio entre la volatilidad futura y la volatilidad pasada. Un cambio *reciente* en dirección y magnitud de los rendimientos accionarios implica que existe una alta probabilidad que en el futuro inmediato continúese esa tendencia en magnitud y dirección. Sin embargo, si el cambio en la volatilidad ha permanecido por un largo periodo de tiempo lejos de su comportamiento *normal*, se espera que regrese a lo largo del tiempo a ese nivel de dirección y magnitud. De acuerdo con el autor, puede identificarse dos tipos de relaciones causales entre rendimiento y volatilidad. Denomina *relación causal inversa* cuando los cambios en los precios están sujetos con cambios en la volatilidad fraccional<sup>1</sup>. Los cambios en las condiciones de la empresa conducen a cambios en la volatilidad, y los cambios en la volatilidad inducen a cambios inmediatos en los precios accionarios de la empresa. Cuando se incluyen las expectativas de los inversionistas, los cambios en los rendimientos accionarios estarían relacionados con las expectativas de los cambios en la volatilidad futura, de tal forma, cuando se incrementa la volatilidad debe suponerse rendimientos negativos futuros<sup>2</sup>. Esto

---

<sup>1</sup> Denomina cambio en la volatilidad fraccional al cambio en la volatilidad de dos periodos de tiempo continuos, por ejemplo entre t-1 y t-2.

<sup>2</sup> No obstante, B. Fischer describe cierta incredibilidad de esta relación causal dado que origina varias implicaciones importantes en el contexto de las negociaciones bursátiles. En sus estudios realizados no encontró suficiente evidencia de esta relación, sin embargo no descarta su posibilidad.

significaría que los precios pueden caer anticipadamente ante expectativas de incrementos en la volatilidad.

Brown et al., (1993), encontraron evidencia empírica que el riesgo y los rendimientos esperados de acciones comunes cambian ante grandes movimientos de los precios. Las fuerzas que conducen a cambios en los precios accionarios pueden alterar sus volatilidades y rendimientos esperados. Bajo este argumento, los cambios en la volatilidad de los rendimientos accionarios conducen a cambios en las tasas de rendimientos requeridas. Existe una relación inter-temporal positiva entre rendimientos esperados y varianza condicional. La incertidumbre sobre los futuros eventos financieros induce que la tasa de descuento incorpore un premio al riesgo. De esta forma, la predictibilidad de la volatilidad de los rendimientos accionarios repercute en el nivel del premio aplicado.

La hipótesis *volatility feedback effect* arguye que los incrementos anticipados en la volatilidad inducen a incrementos de rendimientos requeridos (tasa de descuento) sobre la acción. El incremento de los rendimientos requeridos conduce inmediatamente a un declive del precio de la acción. Este incremento en la volatilidad condicional tiende a ser compensado hasta que sean suficientes los requerimientos de rendimientos, y por lo tanto, el precio de la acción debe caer inmediatamente.

Sin embargo, si la relación de causalidad entre riesgo y rendimiento es inversa, los incrementos en los precios de las acciones inducirían a decrementos inmediatos en el cambio de la volatilidad de acuerdo con Black F. (1976). Esta relación, denominada como *relación causal directa*, implica que la dirección de la *causa-efecto* es inversa en el sentido

que los cambios en los precios de las acciones inducen a cambios en la estructura de capital de las empresas, éstos en cambios en los rendimientos accionarios, y estos cambios en niveles de volatilidad.

## 2.2. Apalancamiento Financiero

Si una firma opera con deuda es llamada firma apalancada, y por lo tanto, se dice que opera con costos financieros fijos. Si esta compañía apalancada además emite acciones comunes, entonces, sus flujos de dinero se comprometen a dividirse en dos corrientes: una corriente “segura” que es orientada a los tenedores de la deuda, y otra más arriesgada que es dirigida a los accionistas. En este sentido, su balance general estaría constituido únicamente por las acciones comunes y los bonos pendientes, y su valor total estaría definido por la suma del valor de mercado de los bonos y de las acciones comunes:

$$V = D + S \quad (7)$$

Así tenemos (ecuación 7) que el valor de mercado de la firma, el monto de la deuda y el valor de mercado de la acción están denotados por  $V$ ,  $D$  y  $S$ , respectivamente.

La obligación de la empresa puede ser medida usando ratios deuda *versus* capitalización del mercado, deuda/activos o tasas de cobertura. Sin embargo, si usamos la razón entre el valor de los bonos y el valor de la compañía (estructura de capital) como medida de apalancamiento, tendremos la siguiente ecuación:



$$LR = \frac{D}{D+S} \quad (8)$$

$$LR = \frac{D}{S} \quad (8.1)$$

Generalmente, los incrementos en el nivel de apalancamiento financiero (LR) están asociados con nuevas emisiones de deuda. Considerando que el valor de la empresa no es modificada por su estructura de capital<sup>3</sup>, ningún pago de dividendos y una deuda de largo plazo con pagos de interés fijo libre de riesgo (D), las emisiones de deuda estarán relacionadas con un incremento en el nivel de apalancamiento financiero. Si una firma emite más deuda, *ceteris paribus*, no afecta el valor total de la corporación pero si el nivel de apalancamiento financiero. Sin embargo, el cambio en la estructura de capital también puede ocurrir si la firma retira parte de su deuda, recompra o emite nuevas acciones comunes.

Dado que muchas empresas operan con grandes costos fijos en el corto plazo (*operating leverage*), los beneficios netos caen más rápido que los ingresos en caso de que la demanda se contraiga, Schwert (1989)<sup>4</sup>. Un cambio en el ingreso significaría un gran cambio porcentual en la diferencia ingreso-gasto. Considerando que los cambios del valor de la

---

3 Bajo mercados perfectos de capitales, una empresa no puede cambiar el valor de sus activos fraccionando sus flujos en distintas corrientes, es decir, la estructura de capital es irrelevante en el valor de la firma, ya que dicho valor es determinado por sus activos reales.

4 Un importante efecto al operar con grandes costos fijos es que un cambio en el volumen de ventas resulta en un más que cambio proporcional en las ganancias o pérdidas operacionales.

acción son mayores al cambio del valor de mercado de la deuda, la diferencia ingreso-gasto originaría una disminución del valor de la empresa afectando el valor de la acción, es decir, el precio de la acción declinaría en relación al precio de los bonos<sup>5</sup>. La caída del precio de la acción respecto al bono implicaría un incremento en el nivel del apalancamiento financiero.

Christie A. (1982) sostiene que la política de dividendos de la empresa también puede afectar su nivel de apalancamiento financiero. Suponiendo que el valor de la empresa y la tasa de descuento son constantes, y no tiene esta última relación con la volatilidad futura anticipada, cualquier decremento no anticipado en los flujos futuros de dinero causará una disminución del precio de la acción<sup>6</sup>. También argumenta que los cambios en las tasas de interés tienen efectos en el nivel de apalancamiento financiero de la firma; así como el valor de la firma decrece cuando la tasa de interés se incrementa, el valor del bono y de la acción se reduce, sin embargo, el valor de la acción se reduce proporcionalmente a la deuda, de tal forma, que aumenta la relación deuda/patrimonio<sup>7</sup>.

---

5 Suponiendo que el precio del bono permanece constante, una disminución en el valor de la empresa debe repercutir en una disminución del valor de la acción.

6 Si el valor de la empresa es constante, una caída del precio de la acción debe incrementar el valor del bono en la estructura de capital, de manera que el apalancamiento financiero debe incrementarse.

7 Consistente con la idea que el valor de la firma es una función inversa de la tasa de interés.

### 2.3. Volatilidad Asimétrica

En teoría financiera, el incremento del apalancamiento financiero implica, *ceteris paribus*, menor capacidad de pagar la deuda mediante los flujos esperados de dinero, y por lo tanto, menores probabilidades en la habilidad de pagar las obligaciones. Mayores cargos fijos financieros (D) representan para la firma mayores niveles de insolvencia en los flujos de fondos. El riesgo de insolvencia, inducida por el apalancamiento financiero, trascenderá en un mayor nivel de riesgo financiero que la firma debe enfrentar. Por lo tanto, el rendimiento requerido sobre la acción estaría linealmente relacionado con el nivel de apalancamiento medido por la ecuación 8<sup>8</sup>. En síntesis, si la firma incrementa el uso del apalancamiento financiero, su riesgo debe incrementarse y los inversionistas podrían penalizarla mediante el incremento de los rendimientos requeridos sobre la acción, de tal forma, que represente un premio al riesgo financiero.

De acuerdo con el *efecto leverage financiero*, si una empresa opera con un alto nivel de apalancamiento reducirá la proporción del valor del capital accionario en la estructura del capital y el riesgo financiero se incrementará ante expectativas de insolvencia. Considerando pagos de interés fijos por el servicio de la deuda (D), el riesgo financiero aumentará la volatilidad de las ganancias de la acción apalancada causada por la presencia de estos costos fijos, y por lo tanto, los rendimientos deberían ser más volátiles. De esta forma, si el apalancamiento financiero incrementa el riesgo de una acción apalancada, los accionistas deberían esperar rendimientos más altos. Adicionalmente, si la firma está

---

<sup>8</sup> Esta aproximación implica que el valor total de la firma no es afectada por su estructura de capital.

altamente apalancada, los niveles reducidos de insolvencia podrían conducir a que los precios tengan fuertes respuestas ante noticias (positivas y negativas), y así alta volatilidad. Por esta razón, *el efecto leverage financiero* es una explicación de la volatilidad variante en el tiempo, la cual, es relacionada con los cambios relativos en los precios de los bonos y acciones.

En caso extremo, el riesgo financiero de la compañía representará las probabilidades de bancarrota cuando falla el servicio de la deuda debido a los inadecuados flujos de dinero. En esta situación, la varianza de los flujos de dinero incrementará la volatilidad de los rendimientos y el precio de su acción tendría una fuerte respuesta negativa ante estas noticias<sup>9</sup>. A mayores niveles de endeudamiento, mayor probabilidad de insolvencia financiera, mayor es el riesgo de quiebra y la firma está obligada a pagar mayores intereses, y así, los accionistas deberían esperar rendimientos más altos<sup>10</sup>. Por lo tanto, si consideramos la probabilidad de que el inversionista no pueda recuperar su capital invertido ante niveles altos de apalancamiento financiero y fluctuaciones de la economía, la volatilidad futura de los rendimientos debería incrementarse.

Diversos autores como Christie A. (1982) y B. Fischer (1976) han encontrado una relación negativa entre la volatilidad y el valor de la acción atribuirle parcialmente con los cambios en el nivel del apalancamiento financiero de la firma. Atribuyen esta particular volatilidad asimétrica de los rendimientos accionarios con los cambios en el nivel de apalancamiento

---

<sup>9</sup> En este sentido, la estructura de capital no afecta el valor total de la empresa, pero si afecta el precio de la acción.

<sup>10</sup> En Schwert (1989), el incremento del apalancamiento no solo afecta al riesgo de la acción. El riesgo de la acción y los bonos (deuda de largo plazo corporativa) deberían cambiar en caminos similares.

financiero de la firma. Christie A. (1982) encuentra una relación positiva entre la varianza y el nivel de apalancamiento financiero. La reducción del nivel de apalancamiento financiero tiene como consecuencia una disminución en el riesgo de la acción y por lo tanto en su volatilidad<sup>11</sup>. Pero si el valor de la acción cae proporcionalmente al valor de la deuda, *ceteris paribus*, la razón del apalancamiento financiero debería incrementarse. Este incremento se traduciría en rendimientos negativos y un mayor riesgo de la acción, de tal manera que la volatilidad tendría que incrementarse. Esto implica una correlación negativa entre los rendimientos rezagados y la volatilidad, atribuida al nivel de apalancamiento financiero de la firma. En Christie A. (1982), puede establecerse una relación entre la volatilidad de la acción y su nivel de apalancamiento de la siguiente forma:

$$\sigma_{s,t} = \sigma_v(1 + LR_t) \quad (9)$$

$$LR = \frac{D}{S(V)} \quad (9.1)$$

En la ecuación 9,  $\sigma_{s,t}$  denota la desviación estándar de la tasa de rendimiento de la acción actual. La proporción del apalancamiento financiero del mercado está representada por LR (*leverage ratio*). El valor de mercado de la firma, el valor de la acción y el valor de la deuda están denotados por  $V, S$  y  $D$ , respectivamente. Suponiendo que el valor de la firma es independiente de su estructura de capital, una tasa de interés constante, ningún pago de dividendos, deuda libre de riesgo y una volatilidad constante del valor del mercado de la

---

<sup>11</sup> No obstante, también el autor identifica cambios exógenos en la volatilidad como es el cambio tecnológico que puede inducir cambios en su valor.

firma, es evidente la relación positiva entre la volatilidad de la acción ( $\sigma_{s,t}$ ) y el nivel de apalancamiento de la firma (LR)<sup>12</sup>. La ecuación 9, indica que la volatilidad condicional del rendimiento de la acción está relacionada positivamente con los cambios en el nivel de apalancamiento financiero. Bajo este criterio, se deduce de la ecuación 9.1 una relación negativa entre la volatilidad y el precio de la acción atribuible al nivel de apalancamiento financiero. La elasticidad de la volatilidad de la acción con respecto al precio ( $\theta_s$ ) es 0 cuando LR es cero, y se acerca a 1 cuando LR tiende a infinito:

$$\theta_s = \frac{(\partial\sigma_s / \sigma_s)}{(\partial S / S)} = -\left[ \frac{LR}{LR+1} \right], \quad 0 \geq \theta_s \geq -1 \quad (10)$$

El incremento del precio de la acción declina la varianza, y cuando disminuye el precio de la acción la varianza se incrementa. Es entonces, que los efectos asimétricos en la volatilidad son fenómenos que ocurren cuando las noticias negativas como las caídas inesperadas en los precios, generan una mayor volatilidad que las noticias positivas como incrementos inesperados en los precios de igual magnitud, (Lanteri Luis, 2004).

Otra forma de representar lo anterior, es considerando la proporción del valor del mercado de la firma respecto al valor de la acción. Por ejemplo, bajo el supuesto que la varianza de los rendimientos del valor de la firma es constante en el tiempo ( $\sigma_v^2$ ), Schwert (1989) considera que los cambios en la volatilidad de los rendimientos de la acción pueden ser explicados por los cambios en el nivel de apalancamiento financiero:

---

<sup>12</sup> En el mismo artículo Christie A. encuentra una relación negativa entre el valor de la firma y la tasa de interés. En este sentido el autor encuentra un fuerte efecto positivo de la tasa de interés sobre la volatilidad

$$\sigma_{st} = \sigma_v (V/S)_{t-1} \quad (11)$$

Donde,  $\sigma_v$  y  $\sigma_{st}$  denotan la desviación estándar de los rendimientos de los activos de la firma y la volatilidad actual de los rendimientos de las acciones, respectivamente. Considerando que  $\sigma_v$  es constante, se puede apreciar que cuando el precio de la acción disminuye (permaneciendo constante el valor de la firma) se incrementa el valor de mercado del bono, y por lo tanto, aumenta la desviación estándar de la acción. Incrementos en el nivel de apalancamiento de la firma inducen en incrementos lineales en la volatilidad de la acción. Por lo tanto, el nivel de apalancamiento financiero de la firma, *ceteris paribus*, induce a una relación negativa entre la volatilidad y precio de la acción.

En este sentido, los choques positivos relacionados con buenas noticias aumentarán los precios accionarios de la empresa y la volatilidad caerá. Recíprocamente, los choques negativos relacionados a malas noticias causan caídas en los precios accionarios de la empresa, y por lo tanto, una mayor volatilidad<sup>13</sup>. Cambios en los gustos y preferencias, cambios en tecnología, incrementarán la incertidumbre acerca de los pagos futuros de las inversiones. Percibido el riesgo por los inversionistas (asumiendo que los pagos esperados de las inversiones no cambian) los precios de las acciones deben caer. Una caída en los precios puede interpretarse como un incremento esperado de los rendimientos accionarios.

De tal forma que cuando están presentes ambos efectos un cambio en 1% en los

---

<sup>13</sup> En este contexto, los choques se consideran como noticias o información relevantes en el mercado asociada al comportamiento de las empresas, repercutiendo en los rendimientos de sus acciones. Un rendimiento negativo estará relacionado a un incremento en la volatilidad, y un rendimiento positivo a una caída en la volatilidad.

rendimientos causará por lo menos un incremento de 1% en la volatilidad, *volatilidad asimétrica*, Black F. (1976).

De esta manera el *efecto leverage financiero* es un caso específico de la *relación causal directa* entre rendimientos accionarios y cambios en la volatilidad. Es decir, los cambios en los precios de las acciones tienden a correlacionarse negativamente con los cambios en la volatilidad, en tanto que los choques negativos deben originar un mayor cambio en la volatilidad ante choques positivos de igual magnitud. Los movimientos descendentes de las series están asociados con una volatilidad más alta en relación con los movimientos ascendentes de igual magnitud; la volatilidad tiende a incrementarse en respuesta a bajos rendimientos inesperados (malas noticias), y tiende a caer en respuesta a exceso de rendimientos inesperados (buenas noticias).

#### **2.4. Conclusiones.**

Dado la importancia de los riesgos financieros para la teoría como para la práctica financiera, en los últimos años se ha originado una mayor conciencia e interés en los modelos financieros que pueden contribuir a explicar la volatilidad de los rendimientos tomando en consideración las características de las series. La varianza dinámica de las acciones representa una nueva visión de las características del riesgo. Anteriormente se consideraba que la volatilidad de las acciones como de otros activos financieros era constante en el tiempo. Actualmente con las nuevas consideraciones de la volatilidad cambiante en acciones, se ha enfatizado en las implicaciones que ésta tiene en la relación entre riesgo y rendimiento. La probabilidad de predecir la volatilidad futura de una acción



es relevante para las expectativas, decisiones y estrategias de inversión de portafolio, considerando la probabilidad de obtener rendimientos adicionales a la tasa de descuento aplicada a las acciones. Estudiar la volatilidad dinámica de las acciones desde el punto de vista del emisor es de gran relevancia para la firma. Considerando que la volatilidad dinámica es asimétrica, es decir, si se incrementa en mayor proporción ante efectos negativos que positivos, los costos de capital de las empresas deberían ser reevaluadas ante efectos de la asimetría.

De acuerdo con la teoría moderna de las finanzas, el rendimiento esperado condicional debería ser estadísticamente positivo en relación con la varianza condicional. Sin embargo, existen diversas teorías que divergen en la relación de causalidad. La teoría de *volatility feedback effect* implica una relación de causalidad riesgo-rendimiento, es decir, explica como la volatilidad puede inducir a rendimientos negativos. Sin embargo, el *efecto leverage financiero*, introducido por Black Fischer en 1976, es una relación entre rendimiento y riesgo accionario. El *efecto leverage financiero* es una hipótesis que explica por qué los cambios en los niveles de apalancamiento de una firma, conducen a cambios en los niveles de riesgo y volatilidad<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> La diferencia entre el *efecto leverage financiero* y *volatility feedback effect* está determinada por la causalidad entre rendimientos y volatilidad. El primero explica por qué los rendimientos negativos conducen a un alto grado de volatilidad. El segundo muestra cómo el alto grado de volatilidad puede reforzar (causar) un rendimiento negativo.

### **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA ECONOMETRICA**

Actualmente existe suficiente consenso sobre la posibilidad de predecir y (consecuentemente) modelar los rendimientos accionarios. En el análisis técnico existe consenso respecto a que el historial de precios y el volumen accionario son instrumentos de información para los movimientos futuros de los precios. Es posible detectar pautas de comportamiento en las series de precios accionarios que permitan pronosticar su evolución. Por lo tanto, la probabilidad de predecir el valor futuro de una acción está asociada cuando se abren ventanas ante desviaciones significativas, y es posible obtener resultados a partir de un análisis de riesgo detallado. Al parecer, los rendimientos sobre índices, a corto plazo, son mostrados a ser positivamente correlacionados, y también los rendimientos de los flujos de dinero tienen fuerte y estable poder predictivo para los rendimientos.

Moqueen y Thorley (1991) encuentran un comportamiento no aleatorio sobre rendimientos reales accionarios anualizados bajo la naturaleza que *cambios grandes en los precios diarios son seguidos por cambios grandes, y cambios pequeños seguidos por cambios pequeños con signo aparentemente aleatorios.*

Parisi A., et al (2003), analizaron la capacidad predictiva de los modelos de redes neuronales para predecir la dirección de las variaciones semanales de los índices bursátiles CAC40, Hang Seng, KLSE, MMX STI, DJI, S&P500GDAX, Bovespa, Nikkei225 y

FTSE100<sup>1</sup>, sin embargo, advierten que no existe un modelo explicativo de la evolución de los índices bursátiles.

De acuerdo con Nelson y Kim (1993), existen diversas variables que son relacionadas con la posibilidad de predecir los rendimientos accionarios. Por ejemplo, encuentran que los pagos de dividendos anuales bajos están relacionados con menores rendimientos esperados. También estos últimos autores consideran que la actividad económica ha sido reportada como un predictor de los rendimientos accionarios.

En otros trabajos, Parisi A., et al (2004), utilizando algoritmos genéticos en la determinación de un modelo multivariado dinámico, pudieron predecir el signo de las variaciones semanales de los índices bursátiles; obtuvieron un porcentaje de predicción de 59, 60, 59 y 59% para los índices IPC, NASDAQ, TSE y DJI respectivamente<sup>2</sup>. Desarrollando modelos multivariados, lograron mayores rendimientos a la estrategia *buy and hold*<sup>3</sup> en 57, 59 y 71% para los índices DJI, IPC y TSE, respectivamente, también encontraron coeficientes negativos de asimetría, presencia de valores extremos y sesgos negativos en la distribución de los índices IPC, DJI, y NASDAQ.

---

1 Modelos multiecuacionales o multietapas, el output individual constituye el output de otros. Los modelos de redes neuronales utilizan inputs para generar output como proyección. En redes multicapas existen etapas de ecuaciones simultáneas.

2 Estudios recientes presuponen que estrategias de transacción basadas en pronósticos de cambios de dirección son más eficientes en la generación de ganancias respecto a proyecciones puntuales de los precios.

3 Estrategia de inversión pasiva cuya rentabilidad está determinada por la diferencia entre el precio de venta y el precio de compra.

Considerando que nuestro propósito no es modelar la ecuación de la media de los rendimientos del IPC con fines de pronóstico, aplicaremos modelos de series de tiempo lineales ARMA estacionarios que permitan capturar algunas de las principales características de la aleatoriedad de la serie<sup>4</sup>. Esto es fundamental, dado que permitirá modelar la heterocedasticidad de los residuales y por lo tanto su volatilidad condicional. Si los rendimientos diarios del IPC están sujetos a una expectativa pasada, los modelos heteroscedásticos de varianza condicionada asimétricos EGARCH y TGARCH permitirán verificar si la tendencia de los cambios en los precios de las acciones está negativamente correlacionada con cambios en la volatilidad del mismo (*efecto leverage financiero*). La utilización de estos modelos permitirá capturar las principales características del riesgo del mercado accionario mexicano:

- ◆ Presencia de *asimetría*.
- ◆ Evidencia del efecto *leverage financiero*.
- ◆ Existencia de una memoria importante del mercado en el proceso.
- ◆ La volatilidad actual no es independiente de la manifestada en periodos anteriores.
- ◆ La relación entre riesgo y rendimiento en acciones.
- ◆ La posibilidad de modelar una volatilidad no constante en el tiempo, y por lo tanto, la predicción de la volatilidad futura.

---

<sup>4</sup> Un modelo econométrico de carácter estructural es difícil de construir debido a la existencia de fuerzas externas a la oferta y demanda en la determinación de los precios de las acciones como son diversas variables macroeconómicas y microeconómicas. Las tasas de interés internas, las tasas de los Tesobonos de E. U., el tipo de cambio, tasa de inflación, las utilidades, el grado de apalancamiento de las empresas y las expectativas tanto de las empresas como de los inversionistas (expectativa del mercado) son factores que determinan el comportamiento del mercado accionario.

La metodología consistirá en:

- ◆ Análisis de los rendimientos y la varianza.
- ◆ Análisis de estabilidad del proceso dinámico.
- ◆ Modelar el comportamiento de los rendimientos accionarios bajo el supuesto que obedecen a una expectativa generada en un periodo anterior, es decir, un valor esperado que esté condicionado a la volatilidad del periodo precedente.

### **3.2. Especificación del Modelo General de los Rendimientos: Ecuación de la Media y Ecuación de la Varianza Condicional**

Si la esperanza del rendimiento diario del Índice de Precios y Cotizaciones de la BMV está condicionada por un conjunto de información actual disponible constituido por todas las funciones de rendimientos pasados, entonces tenemos que:

$$r_t = E(r_t | \Omega_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (12)$$

Donde:

- ◆  $r_t$  es la tasa de rendimiento diaria actual.
- ◆  $\Omega_{t-1}$  es la información en el día anterior que contiene todas las variables relevantes para la determinación de los valores de rendimientos.

- ◆  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$  es un proceso de ruido blanco, es decir, no está autocorrelación con sus valores pasados.

Dado que el historial de la serie del IPC son estadísticos disponibles, la dinámica de los rendimientos o ecuación de la media puede ser representado por:

$$r_t = \mu + \varepsilon_t \quad (13)$$

De acuerdo con Engle y Ng (1993), cuando los inversionistas realizan las decisiones de inversión en el periodo previo (considerando que conocen la información en  $\Omega_{t-1}$ ), lo más relevante a considerar es el valor esperado condicional de los rendimientos ( $\mu$ ) y su varianza condicional ( $\sigma_t^2$ ):

$$\sigma_t^2 = \text{Var}(r_t | \Omega_{t-1}) = \text{Var}(\varepsilon_t | \Omega_{t-1}) \quad (14)$$

$$E[(r_t - \mu_t)^2 | \Omega_{t-1}] = \sigma_t^2 \quad (14.1)$$

- ◆ Donde  $\Omega_{t-1}$  representa el conjunto de información actual disponible constituido por todas las funciones de rendimientos pasados.
- ◆  $\sigma_t^2$  es la volatilidad o varianza condicionada por el conjunto de información disponible ( $\Omega_{t-1}$ ).

Cuando los residuos de la ecuación de la media presentan heteroscedasticidad, la varianza condicionada puede ser capturada por los modelos heterocedásticos condicionados autoregresivos (ARCH). Los modelos ARCH permiten capturar la incertidumbre de la variable a través de la varianza condicional de los residuos como efecto separado de la media de la variable. A continuación presentaremos algunos conceptos utilizados en series de tiempo estacionarias para modelar la ecuación de la media de los rendimientos y posteriormente los modelos de la familia ARCH para capturar la varianza o volatilidad condicional.

### 3.2. Estacionariedad

Se dice que una serie de tiempo es *estacionaria* si el proceso estocástico generador de la serie es invariable en el tiempo, es decir, si las características de la distribución de probabilidad no cambian a lo largo del tiempo. La serie  $y_t$  es *estacionaria en sentido fuerte* si la *media*, *varianza* y *covarianza* son constantes. De esta forma se puede modelar dicho proceso mediante una ecuación con coeficientes fijos a través de los valores observados<sup>5</sup>.

Las *propiedades* de una serie *estacionaria*  $y_t$  son<sup>6</sup>:

$$p(y_t, \dots, y_{t+k}) = p(y_{t+m}, \dots, y_{t+m+k}) \quad (15)$$

---

5 Los modelos de series de tiempo estacionarios suponen que sus valores se encuentran alrededor de un nivel medio constante. La probabilidad de una fluctuación a partir de éste es la misma para cualquier punto en el tiempo.

6 Dado que es casi imposible capturar la función real de distribución de una serie financiera (estacionariedad en sentido fuerte), nos referiremos *estacionariedad en sentido débil* si tan solo la media y varianza del proceso son estacionarias.

$$p(y_t) = p(y_{t+m}), \text{ para cualquier valor de } t, k \text{ y } m. \quad (15.1)$$

Cuya *media* es independiente del tiempo:

$$\mu_y = E(y_t) \therefore E(y_t) = E(y_{t+m}), \text{ para cualquier valor de } t \text{ y } m. \quad (16)$$

En muchos modelos econométricos para evitar problemas ligados con la ineficiencia de los parámetros estimados y su alto grado de variabilidad en su intervalo de confianza, la *varianza* debe ser finita y constante en el tiempo:

$$\sigma_y^2 = E[(y_t - \mu_y)^2] \therefore E[(y_t - \mu_y)^2] = E[(y_{t+m} - \mu_y)^2] \quad (17)$$

La ecuación 17 indica que una serie estacionaria requiere que la probabilidad de una distancia respecto a un punto de referencia sea invariable en el tiempo. Por lo anterior, una serie estacionaria tenderá a oscilar alrededor de su media (reversión a la media) con una amplitud constante.

La *covarianza* (ecuaciones 18 y 18.1) también debe ser estacionaria, de tal manera que la correlación entre dos observaciones distintas debe ser igual a la covarianza de otras observaciones en el mismo número de períodos:

$$\gamma_k = Cov(y_t, y_{t+k}) = E[(y_t - \mu_y)(y_{t+k} - \mu_y)] \quad (18)$$

$$Cov(y_t, y_{t+k}) = Cov(y_t, y_{t+m+k}), \text{ para cualquier rezago de } k. \quad (18.1)$$



### 3.2.1. Funciones de Autocorrelación.

La función de autocorrelación proporciona una descripción parcial del proceso estocástico, una especificación parcial de las distribuciones de probabilidad. Describe la correlación entre los valores individuales en la serie  $y_t$ . La función de autocorrelación para un proceso estacionario con un número limitado de observaciones con rezago  $k$  es:

$$\rho_k = \frac{E[(y_t - \mu_y)(y_{t+k} - \mu_y)]}{\sigma_y^2} \quad (19)$$

En este sentido denominaremos ruido blanco al proceso estocástico cuya función de autocorrelación está dada por  $\rho_0 = 1, \rho_k = 0$ :

$$y_t = \varepsilon_t \quad (20)$$

Donde  $\varepsilon_t$  es una variable aleatoria distribuida en forma independiente en el tiempo con media cero y cuyo pronóstico es  $\hat{y}_{T+l} = 0$ , para toda  $l$ . La ecuación 20 indica que si la función de autocorrelación para una serie es  $\rho_0 = 1, \rho_k = 0$ , para  $k > 0$ , hay poco o ningún valor en usar en el modelo para pronosticar, es decir, la serie es estacionaria, (Pindyck y Rubinfeld, 2001). Una estimación de la función de autocorrelación denominada *función de autocorrelación muestral* es:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=1}^{T-k} (y_t - \bar{y})(y_{t+k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^T (y_t - \bar{y})^2} \quad (21)$$

Para probar si todos los valores de la función de autocorrelación para  $k > 0$  son iguales a cero, es decir, si son ruido blanco, introducimos la estadística  $Q$  de Ljung-Box<sup>7</sup>. La estadística  $Q$  con  $k$  rezagos (ecuación 22) es una prueba estadística para la hipótesis nula de no autocorrelación:

$$Q = T(T+2) \sum_{j=1}^k \frac{\Gamma_j^2}{T-j} \quad (22)$$

Donde  $T$  es el número de observaciones y  $\Gamma_j$  es la autocorrelación de orden  $j$ .

### 3.2.2. Modelo de Paseo Aleatorio

Los modelos de paseo aleatorio son series de tiempo estocásticas, en otras palabras, series de tiempo generadas por un proceso aleatorio. En el proceso más sencillo, cada cambio sucesivo de  $y_t$  es extraído en forma independiente de una distribución de probabilidad con media 0. En este caso, si  $y_t$  representa el precio actual (precio de hoy) de una acción,

---

<sup>7</sup> Para el análisis de la correlación serial en el proceso de volatilidad se verificará que los residuales de la estimación sean independientes, es decir, la hipótesis que la serie fue generada por un proceso de ruido blanco. En series de residuales de estimaciones ARMA, la estadística está distribuida aproximadamente como ji cuadrada con grados de libertad igual a  $k$  menos el número de términos AR y MA.

entonces el precio de mañana (hoy) es igual al precio de hoy (ayer) más un término de error  $\varepsilon_t$ <sup>8</sup>:

$$y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (23)$$

Donde:

$$E(\varepsilon_t) = 0 \quad (24)$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_s) = 0, t \neq s \quad (25)$$

La varianza y covarianzas son infinitas para este proceso, es decir, como se observa en las ecuaciones 26 a 27, las desviaciones respecto a un punto fijo son cada vez más grandes en el transcurso del tiempo<sup>9</sup>:

$$\gamma_0 = E(y_t^2) = E[(y_{t-1} + \varepsilon_t)^2] = E(y_{t-1}^2) + \sigma_\varepsilon^2 \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \gamma_0 &= E(y_{t-2}^2) + 2\sigma_\varepsilon^2 \\ &\vdots \\ &\vdots \end{aligned} \quad (26.1)$$

$$\gamma_0 = E(y_{t-n}^2) + n\sigma_\varepsilon^2$$

$$\gamma_1 = E(y_t y_{t-1}) = E[(y_{t-1} + \varepsilon_t)y_{t-1}] = E(y_{t-1}^2) \quad (27)$$

---

<sup>8</sup> Una forma de verificar empíricamente la HME en su forma débil es mediante las pruebas de raíces unitarias. Si cualquier serie en estudio percibe la presencia de una raíz unitaria se dice que la serie es un paseo aleatorio. Si el proceso estocástico es invariable en el tiempo (estacionario), la distribución de probabilidad  $p(y_t)$  es la misma en cualquier punto del tiempo y al menos algunas de sus características puede inferirse viendo un histograma de las observaciones.

<sup>9</sup> Esto implicaría no estacionariedad en la serie, lo cual no podría ajustarse a un proceso ARMA estacionario.

El pronóstico para un periodo está dado por:

$$\hat{y}_{t+1} = E\left(y_{t+1} | y_t, \dots, y_1\right) \quad (28)$$

$$\hat{y}_{t+1} = y_t + E(\varepsilon_{t+1}) \quad (28.1)$$

$$\hat{y}_{t+1} = y_t \quad (28.2)$$

Análogamente para n periodos:

$$\hat{y}_{t+n} = y_t \quad (28.3)$$

La diferenciación del proceso es:

$$w_t = \Delta y_t = y_t - y_{t-1} = \varepsilon_t \quad (29)$$

Como se observa en la ecuación 29, solo es necesaria una diferencia en el modelo de caminata aleatoria para transformar la serie en un proceso estacionario o ruido blanco<sup>10</sup>. Ahora consideremos un modelo de paseo aleatorio con tendencia (ecuación 30), el cual, es un proceso estocástico que varía con respecto al tiempo y puede ser representado como:

$$y_t = y_{t-1} + d + \varepsilon_t \quad (30)$$

---

<sup>10</sup> Como veremos posteriormente, la diferenciación de una caminata aleatoria permite una función de autocorrelación para un proceso estacionario es  $\rho_0 = 1$ ,  $\rho_k = 0$ , para  $k > 0$ .

El modelo de paseo aleatorio con tendencia es un proceso autoregresivo de orden uno AR (1), donde  $\phi_1 = 1, \mu = \infty$  y  $\delta > 0$ . En otras palabras, la media de la caminata aleatoria con tendencia es infinita y por lo tanto indefinida<sup>11</sup> ( $\mu = \infty$ ). En promedio, el proceso tenderá a moverse ascendentemente cuando  $d > 0$ .

El pronóstico para un periodo está dado por:

$$\hat{y}_{t+1} = E\left(\hat{y}_{t+1} | y_t, \dots, y_1\right) \quad (31)$$

$$\hat{y}_{t+1} = y_t + d \quad (31.1)$$

Y para n periodos el pronóstico está dado por:

$$\hat{y}_{t+n} = y_t + nd \quad (31.2)$$

---

<sup>11</sup> Los modelos autoregresivos de orden 1 AR (1) representan procesos de la suma ponderada de sus valores rezagados un periodo y un

término de perturbación aleatoria:  $y_t = \phi_1 y_{t-1} + \delta + \varepsilon_t$ , donde  $\mu = \frac{\delta}{1 - \phi_1}$ . Dado que la media de un proceso AR (1) está

determinado por la media de la caminata aleatoria con tendencia, la media es infinita y por lo tanto indefinida  $\mu = \infty$ .

### 3.2.2. 1. Pruebas de Raíces Unitarias

Para determinar si los precios de los activos ajustan e incorporan rápidamente la información generada en el mercado, pueden realizarse pruebas de raíces unitarias, las cuales determinan si la serie bajo estudio es generada por un modelo de paseo aleatorio. La prueba de raíces unitarias permitirá establecer si es posible modelar la ecuación de los rendimientos del IPC por medio de un proceso ARMA estacionario.

La prueba de raíces unitarias introducidas por David Dickey y Wayne Fuller tiene como propósito averiguar si la serie bajo estudio ( $y_t$ ) es generada por un proceso de camino aleatorio. Dickey - Fuller generaron estadísticas para una prueba simple  $F$  de la hipótesis nula (caminata aleatoria) de no estacionariedad:

$$Y_t = \alpha + \beta t + pY_{t-1} + \varepsilon_t \quad (32)$$

La ecuación 32 tiene como supuesto que no hay existe correlación serial en el término de error aleatorio  $\varepsilon_t$ . Sin embargo, si no se hace esta suposición, se puede probar una raíz unitaria mediante la prueba de *Dickey – Fuller Aumentada*:

$$Y_t = \alpha + \beta t + pY_{t-1} + \sum_{j=1}^p \lambda_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (33)$$

Los números de rezagos  $p$  en la ecuación 33 aseguran que los residuos sean ruido blanco<sup>12</sup>. Sin embargo, debe considerarse que la prueba *Dickey – Fuller Aumentada* es limitada en el sentido que solo permite rechazar (dejar de rechazar) la hipótesis que una serie no es una caminata aleatoria. Por lo tanto, una falla en rechazar en un nivel alto de significancia proporciona una evidencia débil a favor de la caminata aleatoria, (Pindyck y Rubinfeld, 2001).

### **3.2. Modelos ARMA Estacionarios**

Los modelos de series de tiempo lineales estacionarios (generados por un proceso estacionario) son modelos simplificados y relativamente útiles para fines de pronóstico si pueden captar las características de su aleatoriedad<sup>13</sup>. Estos modelos están desarrollados como ecuaciones con coeficientes fijos que representan una estructura estocástica permanente en el tiempo<sup>14</sup>. Si una serie económica sigue una caminata aleatoria significa que un shock temporal será permanente. Una regresión en una serie con caminata aleatoria o serie no estacionaria conduciría a resultados falsos en el sentido que las pruebas convencionales de significancia tenderán a indicar una relación entre las variables cuando de hecho no existe. Por lo tanto, los modelos de series de tiempo que utilizaremos

---

<sup>12</sup> El número de rezagos depende del criterio del econométrista.

<sup>13</sup> No obstante que son útiles para fines de pronóstico, debe considerarse cualquier cambio estructural significativo en la determinación de la variable de estudio y por lo tanto en la alteración del movimiento futuro de la serie, (Pindyck y Rubinfeld, 2001).

<sup>14</sup> Tienen bajo supuesto que la series que se van a pronosticar se han generado de un proceso estocástico, con una estructura que puede describir la naturaleza aleatoria del proceso que generó la muestra de observaciones de estudio. La relevancia de este supuesto consiste en que permitiría en cierta medida inferir sobre las probabilidades de los valores futuros, y su utilidad estará en función en que tanto capte la distribución probabilidad real.

posteriormente tienen como condición que la serie bajo estudio está generada por un proceso estacionario.

Los modelos de *promedio móvil simple* (MA) representan procesos de la suma ponderada de perturbaciones aleatorias rezagadas y de un término actual de perturbación aleatoria. En un proceso de *promedio móvil de orden q*, cada observación  $y_t$  es generada por un promedio ponderado de perturbaciones aleatorias rezagadas  $q$  periodos y un término actual. El modelo MA ( $q$ ) puede ser presentado de la siguiente forma:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (34)$$

Ahora bien, si describimos la ecuación 34 con el operador de rezagos  $L$ <sup>15</sup>:

$$y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 L \varepsilon_t - \dots - \theta_q L^q \varepsilon_t \quad (35)$$

$$y_t = \mu + (1 - \theta_1 L - \dots - \theta_q L^q) \varepsilon_t \quad (35.1)$$

$$y_t = \mu + \theta(L) \varepsilon_t \quad (35.2)$$

Las perturbaciones aleatorias de las ecuaciones 35, 35.1 y 35.2 se suponen que están distribuidas de forma normal e independiente en el tiempo, es decir, generadas por un proceso de ruido blanco con media 0, varianza  $\sigma_\varepsilon^2$  y covarianza  $\gamma_k = 0$  para  $k \neq 0$ <sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> El operador de rezagos  $L$  denota rezagos a una variable, por ejemplo:  $Ly_t = y_{t-1}$ ,  $L^n y_t = y_{t-n}$ .



Los *modelos autoregresivos de orden p* representan procesos de la suma ponderada de sus valores rezagados  $p$  periodos y un término de perturbación aleatoria. Este proceso denotado como AR ( $p$ ) es representado como<sup>17</sup>:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t \quad (36)$$

$$y_t - \phi_1 y_{t-1} - \dots - \phi_p y_{t-p} = \delta + \varepsilon_t \quad (36.1)$$

$$y_t - \phi_1 L y_t - \dots - \phi_p L^p y_t = \delta + \varepsilon_t \quad (36.2)$$

$$(1 - \phi_1 L - \dots - \phi_p L^p) y_t = \delta + \varepsilon_t \quad (36.3)$$

$$(L)\phi y_t = \delta + \varepsilon_t \quad (36.4)$$

Si el proceso es estacionario, la media ( $\mu$ ) es invariable en el tiempo  $E(y_t) = E(y_{t-p}) = \mu$  y la ecuación 36 puede ser escrita de la siguiente forma:

$$\mu = \phi_1 \mu + \dots + \phi_p \mu + \delta \quad (37)$$

$$\mu = \frac{\delta}{1 - (\phi_1 + \dots + \phi_p)} \quad (37.1)$$

---

16 Se supone que cada perturbación aleatoria es generada por el mismo proceso de ruido blanco, por lo tanto,  $E(\varepsilon_t) = 0, E(\varepsilon_t)^2 = \sigma^2$  y  $E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-1}) = 0$  para  $k \neq 0$ . Si  $y_t$  es MA (q), la función de autocorrelación  $\rho_k = 0$  para  $k > q$ , ya que los procesos de promedio móvil solo tienen memoria de q periodos, por ejemplo las “espigas” en la función de autocorrelación son indicativas de términos de promedio móvil.

17 Una forma de especificar el orden de los procesos autoregresivos en una serie es observando la función de autocorrelación muestral.

La media ( $\mu$ ) en la ecuación 37.1 debe ser finita para que el proceso sea estacionario, en otras palabras, una condición necesaria más no suficiente de estacionariedad es  $\phi_1 + \dots + \phi_p < 1$  para que el proceso no diverja en el tiempo de un punto fijo de referencia.

Los *modelos mixtos autoregresivos – promedio móvil de orden* ( $p, q$ ), ARMA ( $p, q$ ) representan procesos de la suma ponderada de los valores y perturbaciones aleatorias rezagadas y de un término de perturbación actual.

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (38)$$

$$y_t - \phi_1 y_{t-1} - \dots - \phi_p y_{t-p} = \delta + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (38.1)$$

$$y_t - \phi_1 L y_t - \dots - \phi_p L^p y_t = \delta + \varepsilon_t - \theta_1 L \varepsilon_t - \dots - \theta_q L^q \varepsilon_t \quad (38.2)$$

$$(1 - \phi_1 L - \dots - \phi_p L^p) y_t = \delta + (1 - \theta_1 L - \dots - \theta_q L^q) \varepsilon_t \quad (38.3)$$

$$\phi(L) y_t = \delta + \theta(L) \varepsilon_t \quad (38.4)$$

En la ecuación 38.4 el operador autoregresivo y el operador de promedio móvil están representados por  $\phi(L)$  y  $\theta(L)$  respectivamente. Análogamente si el proceso es estacionario entonces:

$$\mu = \phi_1 \mu + \dots + \phi_p \mu + \delta \quad (39)$$

$$\mu = \frac{\delta}{1 - (\phi_1 + \dots + \phi_p)} \quad (39.1)$$

Por lo tanto, una condición necesaria más no suficiente de estacionariedad del proceso es:

$$\phi_1 + \dots + \phi_p < 1 \quad (40)$$

Si  $(\phi) \neq 1$  se dice que existe un punto de equilibrio. Si  $(\phi) > 1$ , existe convergencia al punto de equilibrio. Pero si  $(\phi) < 1$  entonces no existe convergencia al punto de equilibrio. Ahora consideremos la siguiente representación ARMA:

$$(1 - \phi_1 L - \dots - \phi_p L^p) \tilde{y}_t = (1 - \theta_1 L - \dots - \theta_q L^q) \varepsilon_t \quad (41)$$

Donde  $\tilde{y}_t = y_t - \mu$

Obtenemos que:

$$\phi(L) \tilde{y}_t = \theta(L) \varepsilon_t \quad (42)$$

$$\tilde{y}_t = \phi^{-1}(L) \theta(L) \varepsilon_t \quad (42.1)$$

Si  $y_t$  es estacionaria, entonces  $\phi^{-1}(L)$  debe converger, es decir, se cumple la condición de estacionariedad para el operador autoregresivo. *Las raíces de la ecuación característica*  $(\phi(L) = 1 - \phi_1 L - \dots - \phi_p L^p = 0)$  *deben estar fuera del círculo unitario*, es decir, todas sus soluciones deben ser mayores a uno en magnitud. Por otra parte, la condición de invertibilidad para el operador de promedio móvil se cumple si la parte de promedio móvil del proceso ARMA puede invertirse en un proceso autoregresivo puro:

$$\theta^{-1}(L)\phi(L)\tilde{y}_t = \varepsilon_t \quad (43)$$

Si  $y_t$  es invertible, entonces  $\theta^{-1}(L)$  debe converger. *Las raíces de la ecuación característica* ( $\theta(L) = 1 - \theta_1 L - \dots - \theta_q L^q = 0$ ) *deben estar fuera del círculo unitario*, es decir, todas sus soluciones deben ser mayores.

Si la serie de tiempo con la que se está trabajando no es estacionaria, se puede diferenciarla tantas veces sea necesario hasta obtener un proceso estocástico que no varíe con el tiempo. Es decir, una serie de tiempo no estacionaria puede ser convertida en una serie estacionaria si se diferencia tantas veces sea necesario. El orden de integración de la serie es el número de diferencias que se requiere para que la serie sea estacionaria. Para conocer el número de diferencias que se debe aplicar a una serie no estacionaria se realizan pruebas de raíces unitarias<sup>18</sup>. Si cualquier serie en estudio percibe la presencia de una raíz unitaria, se dice que es un paseo aleatorio. En otras palabras si una prueba falla en rechazar la hipótesis de una caminata aleatoria, puede diferenciarse la serie antes de usarla en una regresión.

Por lo tanto,  $y_t$  es estacionaria de orden  $d$   $I(d)$  (orden de integración) si  $w_t = \Delta^d y_t$  es estacionaria. Si  $w_t$  es un proceso ARMA  $(p, q)$ ,  $y_t$  es un proceso autoregresivo integrado de promedio móvil ARIMA de orden  $(p, d, q)$ . La media del proceso está determinada por:

---

<sup>18</sup>  $y_t$  es estacionaria de orden  $d$   $I(d)$  (orden de integración) si  $w_t = \Delta^d y_t$  es estacionaria. Cuando el orden de integración es mayor a 0.5 el proceso no es estacionario. En tanto, si este es igual a 1, se establece la existencia de una raíz unitaria, el efecto de un shock persiste de manera indefinida.

$$\mu = \frac{\delta}{1 - (\phi_1 + \dots + \phi_p)} \quad (44)$$

### 3.1.2. Modelos Heterocedásticos Condicionados Autoregresivos.

Existe evidencia de agrupamientos de errores grandes y pequeños en diversas series financieras, indicando presencia de heterocedasticidad. En finanzas, existe evidencia estadística de cierta dependencia entre la volatilidad presente y la manifestada en periodos anteriores, donde la varianza condicional de los errores ( $\varepsilon_t$ ) depende de las volatilidades pasadas.

Dado el alto grado de volatilidad en los mercados accionarios, la varianza de los rendimientos accionarios es difícil de explicar mediante variables económicas, es decir, con la econometría estructural. De esta manera, surgieron los modelos heterocedásticos condicionados autoregresivos (ARCH) desarrollados inicialmente por Engle en 1982. Modelan la volatilidad condicional del rendimiento de un activo financiero al modelar la heteroscedasticidad de la serie financiera. Además, estos modelos son útiles al permitir estudiar la volatilidad en el largo plazo, la existencia de grandes ondas de volatilidad e identificar la existencia de una memoria importante en el proceso. Por estas razones, utilizaremos estos modelos para capturar la dinámica de la varianza de los rendimientos diarios del IPC y la presencia del *efecto leverage financiero*.

El modelo ARCH de orden  $q$  modela la varianza condicional del término de error en función de sus valores rezagados. Es un sistema de parámetros en base a una función lineal

de  $q$  errores pasados de predicción elevados al cuadrado (perturbaciones aleatorias o volatilidad pasadas). Lo cual significa que la volatilidad depende de una constante y de las noticias respecto a las volatilidades pasadas:

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \sum_{k=1}^q \gamma_k \cdot \varepsilon_{t-k}^2. \quad (45)$$

Donde:

- ◆  $\sigma_t^2$  representa la varianza del término de error  $\varepsilon$  dada la información actual.
- ◆  $\beta_0$  es el valor en torno al cual se producirán las variaciones.
- ◆  $\varepsilon_t$  es un proceso idénticamente distribuido con media cero y varianza unitaria  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$ .
- ◆  $\varepsilon_{t-k}^2$  son las noticias respecto a las volatilidades pasadas.
- ◆  $\gamma_k \cdot \varepsilon_{t-k}^2$  es el término ARCH o el efecto de las innovaciones de los rendimientos sobre la volatilidad.
- ◆ Dado que no puede existir varianzas negativas los coeficientes estimados deben cumplir la siguiente restricción:  $\beta_0 > 0, \gamma_k \geq 0$ .

### 3.2.1.1. Modelo GARCH.

Los modelos de heteroscedasticidad condicional autoregresivos generalizados (GARCH), equivalente a un modelo ARCH infinito, representan una generalización de los modelos

ARCH<sup>19</sup>. Estos modelos capturan la volatilidad agrupando (clusters) los rendimientos de los activos financieros. Se basa en el supuesto que los choques positivos o negativos de los rendimientos, tienen el mismo efecto en la volatilidad. Es decir, los hechos positivos y negativos en los rendimientos afectan de la misma magnitud a la varianza condicional.

La curva del efecto noticias, introducida por Engle y Ng (1993), es una forma ilustrativa que permite establecer la asimetría en la volatilidad condicional estimada ante efectos positivos y negativos de igual magnitud<sup>20</sup>. Permite ilustrar el impacto de los shocks del rendimiento pasado sobre la volatilidad de los rendimientos implícita en un determinado modelo de volatilidad. En los modelos simétricos de varianza condicionada GARCH, la curva del efecto noticias es una función cuadrática centrada en  $\varepsilon_{t-1} = 0$ , Engle y Ng, (1993).

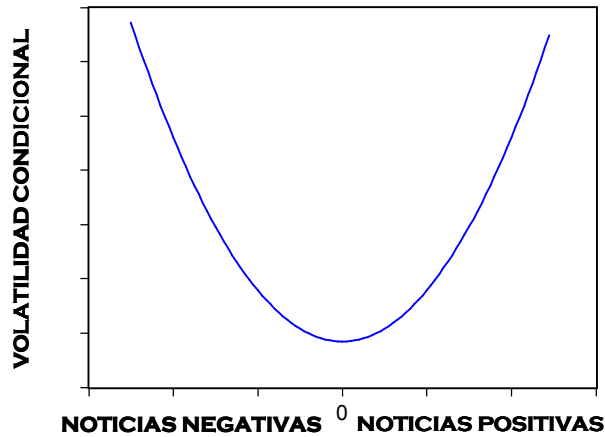
Un choque de gran magnitud crea una mayor volatilidad en una tasa proporcional al cuadrado del tamaño del efecto. En la gráfica 2, se observa que choques positivos y negativos repercuten en la misma magnitud en la volatilidad condicional.

---

19 Dado que comúnmente en la práctica se requiere procesos ARCH de orden elevado para capturar la dinámica de la volatilidad condicionada, se han desarrollado los modelos GARCH propuestos por Bollerslev en 1986. Son una generalización de los modelos de volatilidad condicionada ARCH desarrollados por Engle en 1982, reduciendo de  $\infty$  a 2 parámetros.

20 La curva del efecto noticias examina la relación entre el rendimiento inesperado en el periodo anterior  $\mathcal{E}_{t-1}$  y la varianza condicional de la tasa de rendimiento actual  $\sigma_t^2$ . Dónde  $\mathcal{E}_{t-1} = r_{t-1} - \mu_{t-1}$ . De esta manera,  $\mathcal{E}_{t-1}$  es una medida de las noticias del periodo previo, en tanto, un valor negativo de  $\mathcal{E}_{t-1}$  está asociado a un decremento inesperado en el precio de la acción (malas noticias) en el periodo anterior, y un valor positivo de  $\mathcal{E}_{t-1}$  está asociado a un incremento inesperado del precio (buenas noticias).

**GRÁFICA 2.  
CURVA EFECTO NOTICIAS: MODELOS ASIMÉTRICOS**



El modelo general GARCH ( $p, q$ ) captura la incertidumbre de la variable a través de la varianza condicional como efecto separado de la media de la variable al estimar la varianza condicional de los residuos. Suponen que la volatilidad presente depende de la magnitud de las tasas de variación de los precios y de la volatilidad observada en periodos anteriores. Los rendimientos son explicados incorporando los residuos de la media condicional de la variable (ecuación 13) y la volatilidad cambiante (ecuación 14) en el tiempo:

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \sum_{i=1}^{i=q} \gamma_i \cdot \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^{i=p} \beta_i \sigma_{t-i}^2 \quad (46)$$

En la cual:

- ◆ Las desviaciones típicas condicionales están denotadas por los valores de  $\sigma_t^2$ . Cada valor de  $\sigma_t^2$  es la desviación típica de la tasa de variación  $r_t$  condicionada por sus valores pasados.



- ◆  $\varepsilon_{t-1}$  es un proceso distribuido idénticamente con media cero y desviación típica igual a uno  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$ .
- ◆ El orden de los procesos se definen mediante  $q \geq 0, p > 0$ .
- ◆ Si  $\sum \gamma_i + \sum \beta_i < 1$  implica una baja persistencia, es decir, para cumplirse la condición de estacionariedad en media, todos los parámetros deben sumar menor que la unidad. Por lo tanto, la volatilidad decrecerá hacia la incondicional y *los efectos del shock tendrán poca duración o no tardarán en olvidarse*.
- ◆ Si  $\sum \gamma_i + \sum \beta_i = 1$  implica que el proceso de varianza no converge a su valor no condicional o de largo plazo y los efectos en la volatilidad son permanentes en la serie<sup>21</sup>. De acuerdo con Nelson (1991), la persistencia indefinida también tiene importantes implicaciones al modificar la estructura del premio al riesgo y el posible impacto sobre la inversión en la vida de los bienes de capital.

La ecuación dinámica de un GARCH (1,1) puede ser representada de la siguiente manera:

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \gamma_1 \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (47)$$

Donde:

- ◆  $\sigma_t^2$  representa la varianza del término de error  $\varepsilon$ .

---

<sup>21</sup> Si los choques en la volatilidad de los rendimientos diarios del IPC son persistentes, es un proceso estacionario, lo cual implica la presencia de ineficiencia en el mercado de acuerdo al periodo de estudio.

- ◆  $\beta_0$  es el valor en torno al cual se producirán las variaciones.
- ◆  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$
- ◆  $\gamma_1 \cdot \varepsilon_{t-1}^2$  es el término ARCH o el efecto de las innovaciones del último periodo sobre la volatilidad actual.
- ◆  $\beta_1 \sigma_{t-1}^2$  es el término GARCH o el efecto de la varianza del último periodo sobre la volatilidad actual.
- ◆ Para que el proceso de varianza converja a su valor no condicional o de largo plazo, estacionariedad en media, todos los parámetros deben sumar menor que la unidad  $\sum \gamma_i + \sum \beta_i < 1$ .

### 3.3.1.1. Modelo GARCH-M

Diversos estudios han encontrado significancia estadística entre el rendimiento condicional esperado y la varianza condicional. De acuerdo con la teoría de finanzas, el premio al riesgo en acciones puede compensar a los inversionistas por el riesgo inherente de las mismas, es decir, los rendimientos pueden ser explicados por el grado de riesgo de las acciones<sup>22</sup>. Esto implica que la varianza o desviación estándar del término de error debería ser incluida como variable explicativa en la ecuación en la media. Los modelos GARCH,

---

<sup>22</sup> Por ejemplo, el CAPM establece una relación entre riesgo y rendimiento esperado para un activo financiero bajo condiciones de equilibrio de mercado. El rendimiento esperado de cualquier activo es el descuento que debe ser aplicado, de esta forma el valor del activo es el valor presente descontado. También, como argumenta la HME existe una relación entre riesgo y rendimiento, “si los mercados se comportan de manera eficiente no existirían oportunidades de ganancias y estrategias formuladas mediante el uso de la información, y por lo tanto, los rendimientos esperados estarían en función del nivel de riesgo de los activos financieros”...Fama E. (1970).

en muchos estudios financieros, han sido aplicados para modelar la relación entre volatilidad condicional y el premio al riesgo. El modelo GARCH a la Media (GARCH-M) fue desarrollado bajo el criterio que los rendimientos pueden ser afectados por sus propias volatilidades. Los valores de los rendimientos de la ecuación de la media están positivamente correlacionados con su propia varianza o desviación estándar. Al incluir rezagos en la volatilidad como variables explicativas, la ecuación de la media (ecuación 13) debería reformularse de la siguiente manera:

$$r_t = \mu + \sum_{k=1}^{n-1} \vartheta_k \sigma_{t-k} + \varepsilon_t \quad (48)$$

$$r_t = \mu + \vartheta_1 \sigma_{t-1} + \varepsilon_t \quad (48.1)$$

En este caso particular, la ecuación 48 incluye la desviación estándar en la ecuación de la media, de manera que explica los rendimientos accionarios en función proporcional al riesgo de la acción<sup>23</sup>. De acuerdo con la convención entre riesgo y rendimiento,  $\vartheta_1$  debería ser un parámetro positivo y estadísticamente significativo, es decir, el rendimiento esperado condicional debería ser estadísticamente positivo con la varianza condicional. Sin embargo, para fines prácticos, nuestro análisis de riesgo y rendimiento del IPC estará limitado a la especificación de la ecuación 48.1, es decir, introduciremos la desviación estándar condicional rezagada en un periodo de los rendimientos del IPC como variable explicativa en la ecuación de la media de los rendimientos. De esta forma, determinaremos si la tasa de

---

23 Mediante criterios como Akaike (AIC), criterio de información bayesiana de Schwartz (BIC) deben definirse estadísticamente los procesos p, q y k.

requerimiento de rendimiento es una función lineal del riesgo medido por la volatilidad del día anterior.

Estas consideraciones tienen grandes implicaciones, por ejemplo, puede inducir a un sistema semejante de retroalimentación entre el *efecto leverage financiero* y *volatility feedback effect* si la relación entre riesgo y rendimiento esperado se cumple de acuerdo con la teoría de finanzas; cualquier anticipo en el incremento en la volatilidad condicional pudiera incrementar los requerimientos de rendimientos, y este aumento en los requerimientos pudiera conducir a un declive en el precio de la acción, incrementando el nivel de apalancamiento y la volatilidad, y éste en nuevos procesos sucesivos.

### **3.2.2. Modelos GARCH Asimétricos**

El uso incorrecto de modelos dinámicos de volatilidad condicional ocasiona problemas de inferencia en coberturas y errores de valorización de los productos de derivados. Considerando que los picos en la volatilidad coinciden con caídas del mercado, los modelos GARCH estarían limitados en capturar adecuadamente las características de la volatilidad asimétrica. Los modelos simétricos tienen como supuesto que los efectos de una noticia “sorpresa” negativa o positiva inesperada en el mercado, repercuten de la misma magnitud en la volatilidad condicional. De acuerdo con Engle y Ng (1993), si un shock negativo causa mayor volatilidad que un shock positivo de igual magnitud, el modelo GARCH subestima la cantidad de la volatilidad ante malas noticias y sobreestima ante buenas noticias.

*Dado que la volatilidad predecible del mercado es relacionada con el premio al riesgo, los modelos simétricos y asimétricos implican diferentes premios al riesgo de mercado, y así para premios sobre acciones individuales bajo una versión condicional del capital asset-pricing model, Engle y Ng, (1993).*

Considerando que los rendimientos negativos inesperados (shocks negativos) incrementan en mayor proporción la volatilidad condicional que ante rendimientos positivos inesperados, la volatilidad debería ser representada usando la notación propuesta por Bekaert y Wu (2000), así tenemos que:

$$\left[ \text{var}(r_t | \Omega_{t-1}, \varepsilon_{t-1} < 0) - \sigma_{t-1}^2 \right] > \left[ \text{var}(r_t | \Omega_{t-1}, \varepsilon_{t-1} > 0) - \sigma_{t-1}^2 \right] \quad (49)$$

La ecuación 49 representa el *efecto leverage financiero*, es decir, una volatilidad asimétrica en la cual tiende a incrementarse en respuesta a exceso de bajos rendimientos que los esperados, y tiende a caer en respuesta a exceso de rendimientos. Debido a la mala especificación y el sesgo de los parámetros estimados, varios estudios realizados han sugerido el uso de modelos asimétricos de volatilidad condicional. En estos modelos, la volatilidad condicional es afectada de manera asimétrica ante innovaciones positivas y negativas de igual magnitud. Para verificar esta proposición utilizaremos los modelos asimétricos Exponencial GARCH (1,1) y Threshold GARCH(1,1), incorporando la volatilidad en la ecuación de la media.

### 3.3.2.1. Modelo Threshold GARCH (1, 1).

Los modelos TGARCH desarrollados por Zakoian en 1994 y Glosten, Jagannathan y Runkle en 1993 miden el peso que tiene las innovaciones negativas y positivas en la volatilidad condicional. Identifican si los efectos positivos o negativos de los rendimientos de igual magnitud en términos absolutos, repercuten de manera *asimétrica* en la volatilidad condicional. El modelo TGARCH con la especificación de un efecto ARCH (1) y un efecto GARCH (1) puede ser presentado de la siguiente manera:

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \gamma_t \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \varphi_1 \tau_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 \quad (50)$$

Donde: 
$$\tau_{t-1} = \begin{cases} 1 & \text{si } \varepsilon_{t-1} \leq 0 \\ 0 & \text{si } \varepsilon_{t-1} > 0 \end{cases}$$

En el modelo TGARCH (1, 1) representado por la ecuación 50:

- ◆  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$
- ◆  $\tau_{t-1}$  es una variable dummy (umbral) que toma el valor de 1 si la innovación es negativa.
- ◆ el parámetro que recoge la asimetría producida por valores de rendimientos negativos está representado por  $\varphi_1$ . Los efectos negativos en la volatilidad condicional están dados por una magnitud  $\gamma + \varphi$ . Si la innovación es positiva, el

umbral está “apagado” y el efecto sobre la volatilidad condicional estaría dada por una magnitud  $\gamma$ .

- ◆ Si  $\varphi \neq 0$ , entonces aceptamos la hipótesis de existencia de un *efecto asimétrico*.
- ◆ Si  $\varphi_1 > 0$ , se cumple el *efecto leverage financiero*<sup>24</sup>. Análogamente si la magnitud de la asimetría, denotada por la proporción de la magnitud de los efectos negativos versus positivos, es mayor a 1, entonces existe el *efecto leverage financiero*:

$$\frac{\gamma - \varphi}{\gamma} > 1 \rightarrow \text{efecto leverage financiero.}$$

### 3.3.2.2. Modelo Exponencial GARCH (1, 1).

La volatilidad condicional en el modelo Exponencial GARCH (1,1), desarrollado por Nelson (1991), es función asimétrica de la información y de su misma volatilidad pasada. Análogamente al modelo TGARCH (1,1), la volatilidad es una repercusión de magnitudes diferentes ante efectos positivos y negativos. Tiene la propiedad de que el *efecto leverage financiero* es exponencial y garantiza que la volatilidad condicional estimada no sea negativa, además es un proceso que arroja pocas observaciones pero extremadamente largas (varianza da saltos muy largos) y no posee restricciones en los parámetros:

---

<sup>24</sup> Note que el efecto asimétrico es diferente al *efecto leverage financiero*. Esto significa que el *efecto leverage financiero* implica un efecto asimétrico, pero no sucede de forma inversa. Como hemos mencionado el *efecto leverage financiero* es sencillamente una de las dos formas en la que puede presentarse la asimetría en la volatilidad, y en este caso, la asimetría se presenta cuando las malas noticias tienen mayor impacto en la volatilidad que las noticias positivas de igual magnitud.

$$\text{Ln}(\sigma_t^2) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Ln}(\sigma_{t-1}^2) + \gamma_1 \cdot \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \varphi_1 \cdot \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \quad (51)$$

Análogamente:

$$\text{Log}(\sigma_t^2) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \log(\sigma_{t-1}^2) + \gamma_1 \left[ \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sigma_{t-1}} - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right] + \varphi_1 \cdot \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \quad (51.1)$$

Donde:

- ◆  $\sigma_t^2$  es la varianza condicional del periodo presente.
- ◆  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son los parámetros especificados por el modelo.
- ◆  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$
- ◆ La magnitud en el logaritmo de la volatilidad condicional ante una noticia positiva está dada por  $(\varphi + \gamma) \cdot \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$ .
- ◆ Ante una noticia negativa  $(\varphi - \gamma) \cdot \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$
- ◆ La asimetría de la volatilidad condicionada sería medida del ratio  $\rho = \frac{\gamma}{\varphi}$
- ◆ Si  $\varphi \neq 0$  aceptamos la hipótesis de existencia de un efecto asimétrico.
- ◆ Si  $\varphi < 0$  aceptamos la hipótesis del *efecto leverage en forma exponencial*<sup>25</sup>. O bien, si la magnitud de la asimetría, denotada por la proporción de la magnitud

---

<sup>25</sup> Note que el coeficiente  $\varphi_1$  debe ser negativo para que se cumpla la hipótesis del efecto leverage financiero. Es decir, dado un coeficiente  $\varphi_1$  negativo, una noticia negativa  $\varepsilon_{t-1} < 0$  ocasionaría una mayor volatilidad que una noticia positiva  $\varepsilon_{t-1} > 0$ .

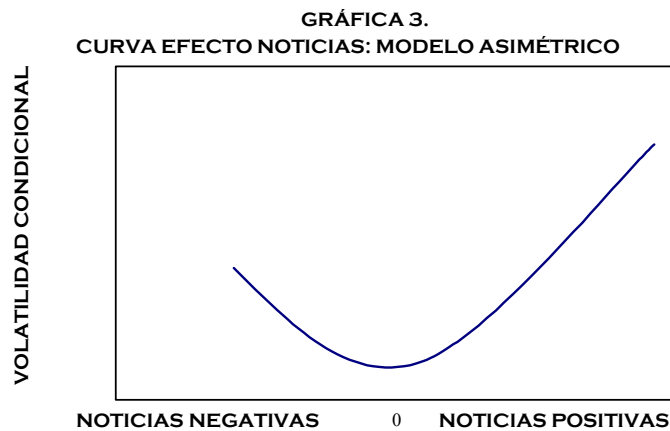


de los efectos negativos *versus* positivos, es mayor a 1, entonces se cumple el

*efecto leverage financiero*:  $\frac{\gamma - \varphi}{\gamma} > 1 \rightarrow \text{efecto leverage financiero}$ .

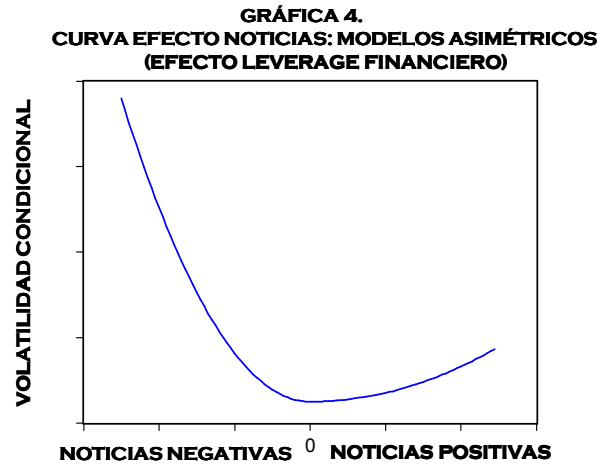
De acuerdo con Engle y Ng, (1993), en la curva del efecto noticias, el modelo Exponencial GARCH tiene su mínimo en  $\varepsilon_{t-1}$  y se incrementa exponencialmente en ambas direcciones.

Mientras el modelo Threshold GARCH está centrado en  $\varepsilon_{t-1}$ , pero con diferentes pendientes ante innovaciones positivas y negativas de igual magnitud. En la gráfica 3, una innovación positiva causa un mayor efecto en la volatilidad condicional que una innovación negativa de igual magnitud. La forma de la curva para el modelo Exponencial GARCH (gráfica 3) es indicativa de  $\beta_0 > 0$ ,  $0 \leq \beta_1 < 1$ ,  $\sigma > 0$ ,  $0 \leq \gamma_1 < 1$ ,  $\beta_1 + \gamma_1 < 1$  y  $\varphi_1 > 0$ , y para el modelo Threshold GARCH supone  $\beta_0 > 0$ ,  $0 \leq \beta_1 < 1$ ,  $0 \leq \gamma_1 < 1$ ,  $\varphi_1 < 0$ .



En la gráfica 4, se observa la asimetría y el llamado *efecto leverage financiero*, en el cual, un efecto negativo repercute más en la volatilidad condicional que un efecto positivo de igual magnitud. En esta curva del efecto noticias, el modelo Exponencial GARCH supone

$\beta_0 > 0$ ,  $0 \leq \beta_1 < 1$ ,  $\sigma > 0$ ,  $0 \leq \gamma_1 < 1$ ,  $\beta_1 + \gamma_1 < 1$  y  $\varphi_1 < 0$ . Y por otro lado, el modelo Threshold asume  $\beta_0 > 0$ ,  $0 \leq \beta_1 < 1$ ,  $\sigma > 0$ ,  $0 \leq \gamma_1 < 1$ ,  $\beta_1 + \gamma_1 < 1$  y  $\varphi_1 > 0$ .<sup>26</sup>



### 3.3. Pruebas de Diagnóstico

Como hemos mencionado anteriormente, los modelos GARCH simétricos producen parámetros sesgados al subestimar volatilidades ante efectos negativos y sobrestimar ante efectos positivos. Por tal motivo, es necesario realizar la prueba de sesgo de signo, prueba de sesgo de tamaño positivo y prueba de sesgo de tamaño negativo propuestos por Engle y Ng, (1993)<sup>27</sup>.

---

26 Para detalle sobre el desarrollo de la curva del efecto noticias y pruebas de diagnóstico, consulte Engle, Robert F., y Victor K. Ng, (1993, diciembre), "Measuring and Testing the Impact of the News on Volatility", *The Journal of Finance*, vol. XLVIII, núm. 5, pp. 1749-1778.

27 Sign Bias Test, Negative Size Bias Test, y Positive Size Bias Test.

Las pruebas de diagnóstico examinan si se pueden predecir los residuales cuadrados estandarizados de los modelos de volatilidad mediante variables observadas pasadas, no incluidas en el modelo en uso. Si los cuadrados de los residuales estandarizados son predichos por las variables observadas que no se incluyen en el modelo, entonces el modelo tiene problemas de especificación.

Los residuales estandarizados cuadráticos son definidos como los residuales de la ecuación de la media convencional divididos por la desviación estándar condicional:

$$v_t = \frac{\varepsilon_t}{\sqrt{\hat{h}_t}}. \quad (52)$$

- ◆  $\varepsilon_t$  representa los residuales de la ecuación de la media.
- ◆ La varianza condicional estimada está dada por  $\hat{h}_t$

La prueba de sesgo de signo consiste en determinar si existen diferentes efectos en la volatilidad ante innovaciones positivas y negativas sobre la volatilidad no predichos por el modelo en uso<sup>28</sup>:

$$v_t^2 = a + bS_{t-1}^- + e_t \quad (53)$$

---

<sup>28</sup> Basado sobre la t- estadística para el coeficiente b.  $S_{t-1}^-$  es una variable dummy que toma el valor de 1, si  $\varepsilon_{t-1}$  es negativo.  $S_{t-1}^- = 0$ ,

si  $\varepsilon_{t-1} \geq 0$ .

Donde  $e_t$  es el residual de la regresión.

La prueba de sesgo de tamaño negativo consiste en determinar los efectos en la volatilidad ante grandes y pequeños choques negativos no predichos por el modelo en consideración<sup>29</sup>:

$$v_t^2 = a + bS_{t-1}^- \varepsilon_{t-1} + e_t \quad (54)$$

La prueba de sesgo de tamaño positivo consiste en determinar los efectos en la volatilidad ante grandes y pequeños choques positivos no previstos por el modelo<sup>30</sup>:

$$v_t^2 = a + bs_t^+ \varepsilon_{t-1} + e_t \quad (55)$$

La prueba conjunta, considera:

$$v_t^2 = a + b_1 S_t^- + b_2 s_t^+ \varepsilon_{t-1} + b_3 s_t^+ \varepsilon_{t-1} + e_t. \quad (56)$$

Las estadísticas t de los parámetros  $b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$  definen las pruebas de sesgo de signos, sesgo negativo y sesgo positivo, respectivamente. Dado que el producto del número de las observaciones por la R cuadrada se distribuye como  $\chi^2$ , puede probarse la hipótesis nula  $b_1 = b_2 = b_3 = 0$ .

---

<sup>29</sup> La prueba estadística es la t-estadística sobre el coeficiente de  $S_{t-1}^- \varepsilon_{t-1}$ .

<sup>30</sup> La prueba es la t- estadística sobre el coeficiente b.  $s_t^+ = 1 - S_t^-$

## Conclusiones

En series de tiempo asociados a fenómenos financieros es frecuente que se presenten características que invalidan las hipótesis clásicas sobre la teoría asociada en la optimización de carteras, VAR o valoración de opciones. Al observar el comportamiento de varias series de tiempo de varios activos financieros, se observa presencia de correlación serial y de heteroscedasticidad. Existe evidencia empírica de dependencia de la volatilidad presente respecto a la manifestada en periodos anteriores.

En los últimos años se ha estado investigando los modelos no constantes en varianza, la verificación de la heterocedasticidad de la serie de rendimientos, histéresis, ondas de volatilidad y contagio. Los modelos de la familia ARCH facilitan una comprensión general de la volatilidad cambiante. Generan una mayor eficiencia para los modelos VAR y volatilidad de carteras al mejorar la estimación de la volatilidad. Sin embargo, considerar modelos heterocedásticos condicionados autoregresivos simétricos como son los modelos GARCH (1, 1) implica el consentimiento del sesgo de especificación y subestimación en las mediciones de riesgo. Los modelos simétricos tienen el riesgo de subestimar la volatilidad ante choques negativos y sobreestimar ante choques positivos.

Con el objetivo de capturar de mejor manera la varianza futura, se han desarrollado algunos modelos de varianza condicionada asimétricos como los modelos TGARCH y EGARCH. Los modelos asimétricos tratan de evitar el sesgo de especificación ante efectos negativos y positivos en el mercado financiero. A fin de verificar empíricamente la presencia del *efecto leverage financiero* y la relación riesgo-rendimiento en la serie de rendimientos diarios del

IPC en el periodo de estudio 1995-2005, se estimarán en el siguiente capítulo los modelos TGACRH y EGACRH con una especificación a la media.

## CAPÍTULO 4. HECHOS ESTILIZADOS

Considerando que los cambios en los mercados accionarios responden a cambios en las expectativas producidas en periodos precedentes (por ejemplo, cada 24 horas, 60 minutos, e incluso cada par de segundos) y repercuten inmediatamente después que ocurren, nuestro análisis de volatilidad asimétrica está basado sobre valores de rendimientos diarios del IPC de la BMV<sup>1</sup>. El uso de los rendimientos diarios permite obtener una mayor aproximación y una mayor probabilidad de detectar cambios significativos en la volatilidad en periodos de corto plazo. Los rendimientos diarios se determinaron mediante el logaritmo natural de la razón del precio al cierre del día  $P_t$  y del precio de cierre del día previo  $P_{t-1}$ :

$$r_t = \left[ \text{Ln} \left( \frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \right] * 100 \quad (57)$$

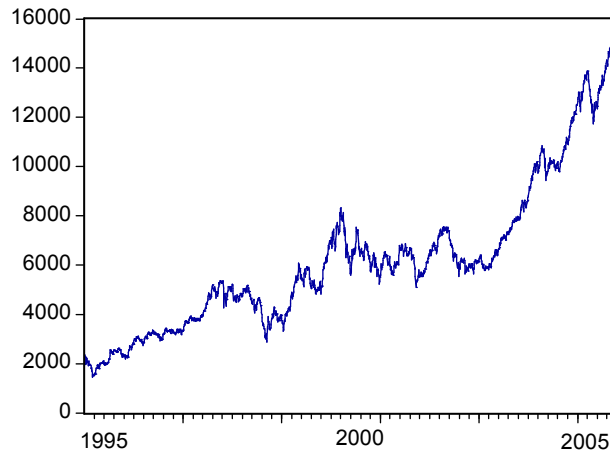
### 4.1. Análisis Dinámico de Primer y Segundo Momento

Analizando el comportamiento de los valores diarios al cierre del IPC que comprende del 05 de enero de 1995 al 17 de julio de 2005, como lo indica la gráfica 5, puede observarse grandes cambios con una tendencia alcista. Esto indica a priori que la serie en niveles del principal indicador de la BMV no es estacionaria en media y varianza.

---

<sup>1</sup> Los valores fueron proporcionados por la base de datos del ECONOMATICA.

**GRÁFICA 5.**  
**VALORES DIARIOS AL CIERRE DEL IPC (1995-2005)**



Fuente: ECONOMATICA

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre la existencia de raíz unitaria sobre el IPC, existe evidencia estadística que la serie en niveles sigue una caminata aleatoria. En el cuadro 1, se presenta los resultados obtenidos de la Prueba Dickey-Fuller Aumentada, se acepta la hipótesis nula de existencia de una raíz unitaria o un proceso autoregresivo de orden 1. En este sentido, podemos inferir que nadie podría pronosticar el índice de las 35 principales acciones de la BMV usando el historial de precios. Así, estos resultados respaldan la idea que los mercados liberalizados promueven una mayor eficiencia.

**CUADRO 1. PRUEBA DE RAÍZ UNITARIA DICKEY-FULLER AUMENTADA PARA LA SERIE IPC**

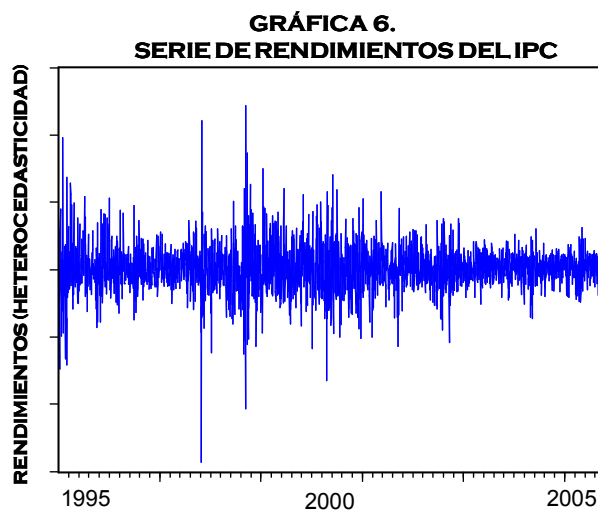
Rezagos	t-estadístico	Prob.*
27	-0.926349	0.9515

Nota: La prueba incluye 27 rezagos con constante y tendencia usando la selección de criterios Schwartz.  
Estimaciones en Eviews 4.1

Como hemos analizado en el primer capítulo, la serie de rendimientos diarios del IPC presenta periodos de altas y bajas volatilidades. En la gráfica 6, se puede observar la



presencia de heterocedasticidad, es decir, altos niveles de volatilidad en la serie de rendimientos. Por ejemplo, la crisis financiera mexicana y la Crisis Asiática propagaron inestabilidad y alto grado de volatilidad en el mercado accionario mexicano durante 1995 y 1998, respectivamente. El grado de volatilidad indica que la serie de rendimientos diarios 1995-2005 tienen cierto grado de autocorrelación y de alta volatilidad en los primeros años de estudio, es decir, existen diversos agrupamientos de alta y baja volatilidad. Esto sugiere que la serie de rendimientos del IPC es estacionaria en media pero no en varianza, es decir, los rendimientos cruzan y se mueven alrededor de la media histórica, pero la variabilidad no es consistente para un intervalo determinado.



La prueba de existencia de raíces unitarias en la serie de rendimientos (cuadro 2) mediante la prueba de Dickey – Fuller Aumentada con intercepto y tendencia (especificando 39 rezagos de acuerdo al criterio de Akaike) permite rechazar la existencia de una raíz unitaria, es decir, la hipótesis nula de no estacionariedad.

---



---

CUADRO 2. PRUEBA DE RAÍZ UNITARIA DICKEY-FULLER AUMENTADA PARA LA SERIE DE RENDIMIENTOS DEL IPC

Rezagos	t-estadístico	Prob.*
39	-23.08377	0.000

Nota: La prueba incluye 39 rezagos con constante y tendencia usando la selección de criterios de Akaike. Estimaciones en Eviews 4.1

---



---

Para corroborar los resultados anteriores, se realizó la prueba propuesta por Phillips–Perron. En el cuadro 3 se presentan los resultados, los cuales indican que la serie en niveles es una serie estacionaria y por lo tanto, puede construirse un modelo ARMA ( $p, q$ ). Es importante acentuar que la inexistencia de una raíz unitaria no implica una contradicción con los resultados anteriores, es decir, no implica que el mercado accionario sea ineficiente, ya que en el modelo de rendimientos esperados es suficiente si *al menos el gran cambio inicial representa un ajuste imparcial al último precio efecto de la información*.

---



---

CUADRO 3. PRUEBA DE RAÍZ UNITARIA PHILLIPS-PERRON PARA LA SERIE DE RENDIMIENTOS DEL IPC

t-estadístico ajustado	Prob.*
-46.91927	0.000

Nota: La prueba incluye constante y tendencia (Newey-West usando Bartlett kernel). Estimaciones en Eviews 4.1

---



---

La prueba Jarque–Bera que examina de manera simultánea si los coeficientes de *sesgo* y *kurtosis* son 0 y 3 respectivamente, rechaza la hipótesis nula de normalidad en la serie de rendimientos<sup>2</sup>. Como indica el cuadro 4 y la gráfica 7, la serie presenta *leptokurtosis* con un valor de 9.4, indicando que la distribución presenta altas probabilidades para diferentes valores posibles. El indicador de sesgo *skewness* indica un valor positivo de 0.032

---

<sup>2</sup> La hipótesis nula es que Jarque-Bera sea 0, sigue una distribución  $\chi^2$  con dos grados de libertad. El valor crítico estadístico es 4.43 para  $\alpha = 5\%$ .

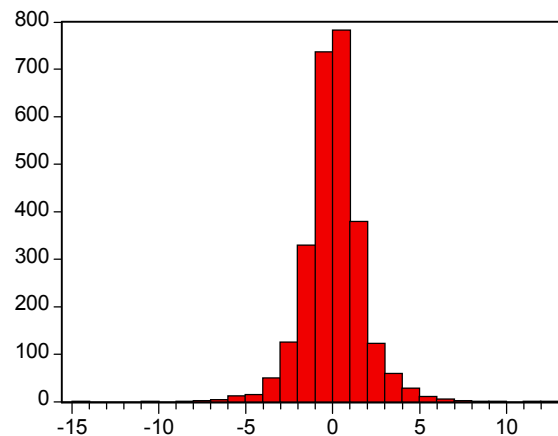
alrededor de la media, lo que implica que existe mayor hechos positivos en la serie de rendimientos.

CUADRO 4. NORMALIDAD EN LA SERIE DE RENDIMIENTOS DEL IPC

DESV. ESTANDAR	1.677	MEDIA	0.068
SKEWNESS	0.032	MEDIANA	0.063
KURTOSIS	9.458	MAXIMO	12.153
JARQUE-BERA	4640	MÍNIMO	-14.313
PROBABILIDAD	0.000		

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

**GRÁFICA 7.**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA SERIE DE RENDIMIENTOS**



Respecto al correlograma en niveles y con 200 rezagos de la serie de rendimientos, como se observa en el cuadro anexo 1, hay un rápido decaimiento en las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial. En el primer rezago, las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial son .096. En el segundo rezago, las funciones de autocorrelación y la función de autocorrelación parcial caen drásticamente a -.019 y -.028, respectivamente. Sin embargo, la Q estadística de Ljung-Box presenta valores significativos al 5 y 1%, lo cual indica heteroscedasticidad en la serie, es decir, no estacionariedad en varianza. Existe evidencia de variación en el tiempo de la volatilidad de

los rendimientos. Por lo tanto, limitando nuestro modelo para efectos de pronóstico, es posible ajustar la serie de rendimientos a un modelo ARMA de bajo orden tanto por los términos de promedio móvil como de los términos autoregresivos.

#### 4.2. Estimación del Modelo de la Media de los Rendimientos del IPC

Al especificar diversos modelos ARMA para la serie RENDIPC, se obtuvieron como mejores procesos de ajuste en el modelo de la ecuación de la media (bajo los criterios de Akaike y Schwarz) los procesos AR (1), AR (2), AR (3), MA (1), MA (2), MA (3) y MA (4). A continuación presentamos los resultados en el cuadro 5.

CUADRO 5. ESTIMACIÓN DE LA ECUACIÓN DE LA MEDIA

	Valor	Error Estándar	t-estadístico	Prob.*
C	0.082	0.032	2.530	0.012
$\phi_1$	-0.175	0.054	-3.219	0.001
$\phi_2$	0.178	0.052	3.440	0.001
$\phi_3$	0.850	0.049	17.462	0.000
$\theta_1$	0.277	0.058	4.814	0.000
$\theta_2$	-0.160	0.048	-3.334	0.001
$\theta_3$	-0.897	0.045	-19.800	0.000
$\theta_4$	-0.075	0.021	-3.493	0.001
R <sup>2</sup>		0.019549		
R <sup>2</sup> -ajustada		0.016968		
Log likelihood		-5136.704		
Akaike info criterion		3.858046		
Schwarz criterion		3.87571		
Prob. F-estadística		0.000		

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

Como se observa en el cuadro 5, el modelo ARMA (3, 4) resultó tener estadísticamente todos los coeficientes significativos al 5%. Los coeficientes estimados son consistentes con

la condición de estacionariedad, es decir, todos suman un número inferior a 1. El estadístico F indica que los coeficientes estimados en conjunto son diferentes de cero. La  $R^2$  y ajustada del modelo resultaron 0.019 y 0.016, respectivamente, sin embargo, de acuerdo con Pindyck y Rubinfeld (2001) este resultado no significa una mala especificación del modelo, dado que la  $R^2$  solo mide el ajuste en función de la variable dependiente de la regresión.

De esta forma, tenemos como ecuación de la media de los rendimientos:

$$RENDIPC = c + \phi_1 AR(1) + \phi_2 AR(2) + \phi_3 AR(3) + \theta_1 MA(1) + \theta_2 MA(2) + \theta_3 MA(3) + \theta_4 MA(4) + \xi_t \quad (58)$$

$$RENDIPC = c + \phi_1 RENDIPC_{-1} + \phi_2 RENDIPC_{-2} + \phi_3 RENDIPC_{-3} + \theta_1 \varepsilon_1 + \theta_2 \varepsilon_{-2} + \theta_3 \varepsilon_{-3} + \theta_4 \varepsilon_{-4} + \xi_t \quad (59)$$

Para verificar que la especificación del modelo es correcta se verifica los residuales de la regresión de la ecuación en la media de los rendimientos diarios del IPC. Como se puede verificar en el cuadro anexo 2, los residuales manifiestan heteroscedasticidad. La prueba estadística Ljung - Box indica significancia estadística al 5% de autocorrelación entre los residuales para los rezagos 198, 199 y 200<sup>3</sup>. En el cuadro anexo 3, se presenta el correlograma de los 200 rezagos de los residuales al cuadrado, los cuales presentan heteroscedasticidad en la varianza. La Q estadística de Ljung - Box indica que los residuales

---

<sup>3</sup> Esto implica que para rezagos 198, 1999 y 200 los residuales no son variables aleatorias no correlacionadas distribuidas de forma normal con media cero y varianza 1/T, donde T es el número de observaciones en la serie.

del modelo ARMA (3, 4) no se distribuyen como ruido blanco<sup>4</sup>. También como se presentan en la tabla 2 del anexo estadístico, los residuos no se distribuyen de forma normal.

La prueba ARCH-LM (cuadro 6) de heteroscedasticidad condicional autoregresiva permite rechazar la hipótesis nula de ausencia de efectos ARCH de orden 1 en los residuos, es decir, no rechaza la relación cuadrática entre el residuo y su primer valor retardado.

---



---

CUADRO 6. PRUEBA ARCH LM PARA LA ECUACIÓN DE LA MEDIA

Rezagos	F-estadística	Prob.*
1	250.4615	0.000

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

---



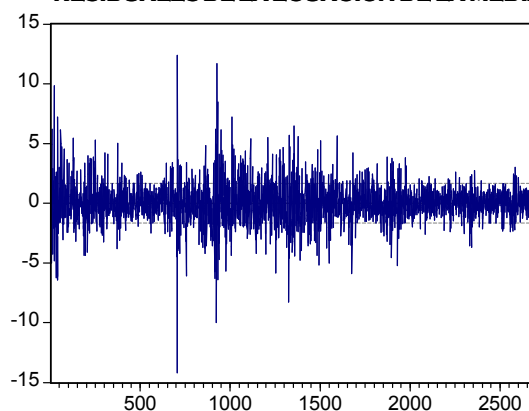
---

La gráfica 10 muestra que los residuales de la regresión de la ecuación en la media son condicionalmente heterocedásticos. Para capturar esta heterocedasticidad, se han estimado 6 modelos de la familia GARCH. En conclusión, es posible construir un modelo ARCH que pueda identificar correctamente el proceso de formación de la varianza del término de error.

---

4 Dado que hemos supuesto que los términos de error aleatorio  $\varepsilon_t$  en el proceso real de la serie de rendimientos están distribuidos en forma normal y son independientes, los residuales de la ecuación en la media  $\varepsilon_t$  deben ser cercanos a un proceso de ruido blanco.

**GRÁFICA 8.**  
**RESIDUALES DE LA ECUACIÓN DE LA MEDIA**



### 4.3. Estimación del Modelo Simétrico GARCH (1, 1)

Empleando la matriz de covarianzas propuesta por Bollerslev-Wooldridge para obtener errores estándar correctos (errores estándar robustos ante heterocedasticidad), la estimación del modelo GARCH (1, 1) proporcionó coeficientes estadísticamente significativos al 5% tanto para la ecuación de la media como en la ecuación de la varianza. Como se puede apreciar en el cuadro 7, los coeficientes de la ecuación de la media  $(\phi_1), (\phi_2), (\phi_3), (\theta_1), (\theta_2), (\theta_3), (\theta_4)$  y el valor de la constante que captura el efecto de las variables omitas por el modelo resultaron -1.477, -1.474, -0.925, 1.611, 1.678, 1.129, 0.137 y 0.135, respectivamente. La constante que captura el efecto de las variables omitas por el modelo de la ecuación de la varianza condicional  $(\beta_0)$  es 0.049. El coeficiente que captura el efecto ARCH  $(\gamma_1)$  y el coeficiente que captura el efecto GARCH  $(\beta_1)$  resultaron 0.117 y 0.868, respectivamente, lo cual implica que la varianza condicional está en función de su propio valor anterior y del error cuadrático previo. El coeficiente de determinación ajustado  $R^2$  que mide que tanto se adecua el modelo resultó 0.013. La probabilidad de la

estadística F, que determina si hay una variación temporal determinística significativa en el promedio (media) de la volatilidad estimada resultó significativa.

CUADRO 7. ESTIMACIÓN DEL MODELO GARCH (1, 1)

$$RENDIPC_t = c + \phi_1 RENDIPC_{t-1} + \phi_2 RENDIPC_{t-2} + \phi_3 RENDIPC_{t-3} + \theta_1 \varepsilon_t + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \theta_3 \varepsilon_{t-3} + \theta_4 \varepsilon_{t-4} + \xi_t$$

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \gamma_1 \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

	Valor	Error Estándar	t-estadístico	Prob.*
C	0.135684	0.026576	5.105535	0.0000
$\phi_1$	-1.47777	0.039273	-37.62789	0.0000
$\phi_2$	-1.474094	0.030684	-48.04159	0.0000
$\phi_3$	-0.925901	0.037728	-24.54156	0.0000
$\theta_1$	1.611244	0.042608	37.81516	0.0000
$\theta_2$	1.678608	0.044829	37.44478	0.0000
$\theta_3$	1.129645	0.047881	23.59266	0.0000
$\theta_4$	0.137407	0.021863	6.284959	0.0000
$\beta_0$	0.04941	0.013346	3.702164	0.000
$\gamma_1$	0.117388	0.027072	4.336176	0.000
$\beta_1$	0.868362	0.024119	36.00364	0.000
R <sup>2</sup>		0.01687		
R <sup>2</sup> -ajustada		0.013169		
Log likelihood		-4771.846		
Akaike info criterion		3.586686		
Schwarz criterion		3.610974		
Prob. F-estadística		0.000		

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

Como se observa en el cuadro 8, la prueba Wald sobre la persistencia en la volatilidad, se acepta la hipótesis nula de que la suma de los coeficientes del efecto ARCH ( $\gamma_1$ ) y del efecto GARCH ( $\beta_1$ ) es 1. Se acepta la hipótesis de que una noticia incrementa la volatilidad corriente y la volatilidad futura (persistencia en la volatilidad) de los rendimientos del Índice de Precios y Cotizaciones de la BMV.



---

---

CUADRO 8. PRUEBA WALD PARA LA PERSISTENCIA EN LA VOLATILIDAD DEL MODELO GARCH (1, 1)

$$H_o : \gamma_1 = 1 \text{ y } \beta_1 = 1$$

$\chi^2$	Prob.*
2.987003	0.0839

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

---

---

Por otro lado, el correlograma de los residuales cuadráticos con 200 rezagos (cuadro anexo 4), para el análisis de correlación serial en el proceso de la volatilidad, indica que los residuales cuadráticos de la estimación son independientes después del rezago 37 al 5%, es decir, los residuales no se comportan como ruido blanco. También los residuos no se distribuyen de forma normal de acuerdo con la tabla 2 del anexo estadístico.

Al aplicar la prueba ARCH-LM, los resultados indican marginalmente presencia al 5% de efectos ARCH adicionales en la estimación del modelo (cuadro 9).

---

---

CUADRO 9. PRUEBA ARCH LM PARA EL MODELO GARCH (1, 1)

Rezagos	F-estadística	Prob.*
1	3.847259	0.049931

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

---

---

Por último, como lo indica el cuadro 10, las pruebas de diagnóstico presentan insignificancia estadística para la prueba de sesgo de signos, sesgo negativo y sesgo positivo, sin embargo, la prueba conjunta revela que el modelo GARCH (1, 1) tiene problemas de especificación al no capturar adecuadamente la asimetría en la volatilidad condicional.

CUADRO 10. PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO PARA EL MODELO GARCH (1, 1)

	t-estadístico	Prob.
Prueba de sesgo de signo	0.876966	0.3806
Prueba de sesgo de tamaño negativo	-1.953319	0.0509
Prueba de sesgo de tamaño positivo	-0.713031	0.4759
	F- estadística	
Prueba conjunta	4.592423*	0.0033

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

#### 4.4. Estimación del Modelo Simétrico GARCH-M (1, 1)

Considerando la hipótesis de relación entre riesgo y rendimiento esperado en acciones, estimación del modelo GARCH-M (cuadro 11) presenta coeficientes significativos en la ecuación de la media con excepción del intercepto y el coeficiente de la desviación estándar. No hay evidencia estadística en la relación entre riesgo y rendimiento esperado en el mercado accionario. Sin embargo, todos los coeficientes de la ecuación de la varianza condicional resultaron estadísticamente significativos al 1%. La constante ( $\beta_0$ ) obtenida, el coeficiente del efecto ARCH ( $\gamma_1$ ) y GARCH ( $\beta_1$ ) resultaron ser estadísticamente significativos. El coeficiente de determinación ajustado  $R^2$  resultó mayor al modelo GARCH (1, 1), sin embargo, el valor de Log likelihood y los criterios de selección de Akaike y Schwarz indican una menor especificación.

CUADRO 11. ESTIMACIÓN DEL MODELO GARCH-M (1, 1)

$$RENDIPC_t = c + \phi_1 RENDIPC_{t-1} + \phi_2 RENDIPC_{t-2} + \phi_3 RENDIPC_{t-3} + \theta_1 \varepsilon_t + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \theta_3 \varepsilon_{t-3} + \theta_4 \varepsilon_{t-4} + \vartheta_1 \sigma_{t-1} + \xi_t$$

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \gamma_1 \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

	Valor	Error Estándar	t-estadístico	Prob.*
$\vartheta_1$	0.04455	0.059932	0.743348	0.4573
$C_1$	0.083276	0.076694	1.085811	0.2776
$\phi_1$	-0.709155	0.140533	-5.046195	0.0000
$\phi_2$	-0.769685	0.041456	-18.5662	0.0000
$\phi_3$	-0.832026	0.138092	-6.025144	0.0000
$\theta_1$	0.845846	0.140358	6.026358	0.0000
$\theta_2$	0.892305	0.042474	21.0085	0.0000
$\theta_3$	0.953562	0.136819	6.969495	0.0000
$\theta_4$	0.136808	0.023925	5.718178	0.0000
$\beta_0$	0.05055	0.013698	3.690368	0.0002
$\gamma_1$	0.122018	0.026619	4.583883	0.0000
$\beta_1$	0.864651	0.023815	36.30655	0.0000
$R^2$		0.017514		
$R^2$ -ajustada		0.013443		
Log likelihood		-4774.731		
Akaike info criterion		3.5896		
Schwarz criterion		3.616096		
Prob. F-estadística		0.000		

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

La suma de los coeficientes de los efectos ARCH y GARCH ( $\gamma_1$  y  $\beta_1$ ) resultó 0.986, sin embargo, para verificar si la suma de los coeficientes es estadísticamente igual a 1, se realizó la prueba Wald (cuadro 12), indicando que *los efectos del shock en la volatilidad tendrán mucho tiempo para olvidarse*.

CUADRO 12. PRUEBA WALD PARA LA PERSISTENCIA EN LA VOLATILIDAD DEL MODELO GARCH-M (1, 1)

$$H_0 : \gamma_1 = 1 \text{ y } \beta_1 = 1$$

$\chi^2$	Prob.*
2.481452	0.1152

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

Los valores del estadístico Q de Ljung-Box del correlograma (cuadro anexo 5) indican que las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial para los primeros 33 rezagos son

significativas al 5%, implicando que los residuales no se distribuyen como ruido blanco. También de acuerdo con la probabilidad del estadístico Jarque- Bera (la tabla 2 del anexo estadístico), los residuos no se distribuyen de forma normal.

Por otra parte, la prueba ARCH LM (cuadro 13) no permite rechazar la hipótesis nula de ausencia de efectos ARCH de orden 1 en los residuos.

CUADRO 13. PRUEBA ARCH LM PARA EL MODELO GARCH-M (1, 1)

Rezagos	F-estadística	Prob.*
1	3.445801	0.063523

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

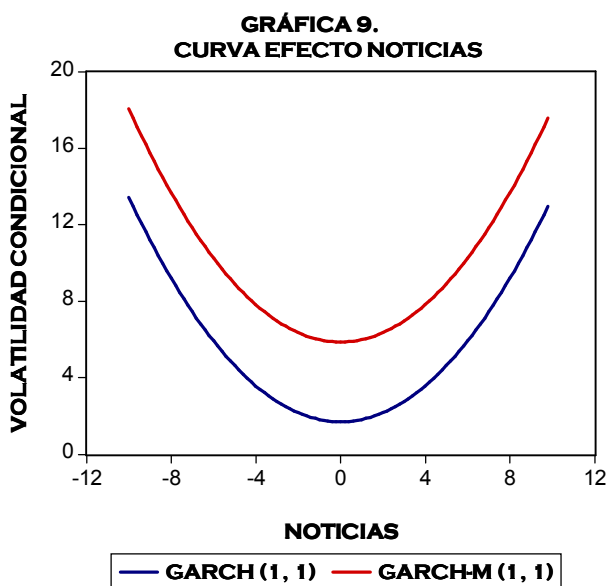
Las pruebas de sesgo de tamaño negativo (cuadro 14) revelan que el modelo GARCH-M (1,1) no captura de manera adecuada los efectos en la volatilidad ante grandes y pequeños choques negativos. La prueba conjunta refuerza esta consideración. Por lo anterior, es necesario incorporar modelos alternativos que capturen adecuadamente las características de la volatilidad.

CUADRO 14. PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO PARA EL MODELO GARCH-M (1, 1)

	t-estadístico	Prob.
Prueba de sesgo de signo	12.0337	0.0000
Prueba de sesgo de tamaño negativo	0.364455	0.7155
Prueba de sesgo de tamaño positivo	-2.234756	0.0255
	F- estadística	
Prueba conjunta	4.608934	0.0032

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

Las curvas de efectos noticias para el modelo GARCH (1,1) y para el modelo GARCH-M (1,1) se presentan en la gráfica 6, las cuales ilustran el efecto simétrico en la volatilidad condicional ante innovaciones negativas y positivas de igual magnitud.



#### 4.5. Estimación del Modelo Asimétrico TGARCH (1, 1)

La estimación del modelo TGARCH (1, 1) produce coeficientes significativos tanto para la ecuación de la media como en la ecuación de la volatilidad (cuadro 15). El coeficiente que representa la asimetría en la volatilidad ( $\phi_1$ ) resultó 0.145, lo cual se interpreta, que la serie de rendimientos diarios del IPC presenta asimetría en la volatilidad y presencia del *efecto leverage financiero*. Los efectos positivos o negativos de igual magnitud en los rendimientos diarios del IPC repercuten de diferente manera en la predictibilidad de la volatilidad futura. Un aumento inesperado en el IPC no tiene el mismo impacto que una caída sobre la incertidumbre y volatilidad.

El valor del coeficiente del efecto ARCH ( $\gamma_1$ ) y el valor del coeficiente del efecto GARCH ( $\beta_1$ ) resultaron estadísticamente significativos, demostrando que la volatilidad de los rendimientos diarios del IPC depende de su propia volatilidad y de las innovaciones pasadas. De acuerdo con el coeficiente de determinación y los criterios de selección, el modelo TGARCH (1, 1) presenta una mejor especificación en relación a los modelos anteriores.

CUADRO 15. ESTIMACIÓN DEL MODELO TGARCH (1, 1)

$$RENDIPC_t = c + \phi_1 RENDIPC_{t-1} + \phi_2 RENDIPC_{t-2} + \phi_3 RENDIPC_{t-3} + \theta_1 \varepsilon_t + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \theta_3 \varepsilon_{t-3} + \theta_4 \varepsilon_{t-4} + \xi_t$$

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \varphi_1 \tau_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2$$

	Valor	Error Estándar	t-estadístico	Prob.*
C	0.081769	0.028396	2.879592	0.0040
$\phi_1$	-0.773787	0.041779	-18.52083	0.0000
$\phi_2$	-0.779271	0.024009	-32.45704	0.0000
$\phi_3$	-0.909941	0.03789	-24.01509	0.0000
$\theta_1$	0.914232	0.045446	20.11701	0.0000
$\theta_2$	0.903971	0.028256	31.99245	0.0000
$\theta_3$	1.034379	0.038611	26.79002	0.0000
$\theta_4$	0.143621	0.020888	6.875791	0.0000
$\beta_0$	0.047717	0.010794	4.420648	0.0000
$\gamma_1$	0.032142	0.012122	2.651511	0.0080
$\beta_1$	0.882233	0.016819	52.45414	0.0000
$\varphi_1$	0.145361	0.036383	3.995304	0.0001
R <sup>2</sup>		0.019562		
R <sup>2</sup> -ajustada		0.0155		
Log likelihood		-4729.039		
Akaike info criterion		3.555334		
Schwarz criterion		3.58183		
Prob. F-estadística		0.0000		

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

Dado que el valor de la suma de los coeficientes del efecto ARCH y GARCH es 0.9144, no existe evidencia de alta persistencia en la volatilidad, lo cual se puede interpretar que los

efectos en la volatilidad no son (relativamente) permanentes, se van *olvidando* a lo largo del tiempo.

En el cuadro anexo 6 correspondiente al correlograma de los residuales al cuadrado estandarizados del modelo TGARCH (1, 1), se observa que los valores del estadístico Q de Ljung-Box son significativos hasta el rezago 25 con 5% de significancia. A partir de entonces, los residuales al cuadrado no están correlacionados, es decir, están distribuidos de manera independiente. Por otra parte, al examinar la probabilidad del estadístico Jarque-Bera (tabla 2 del anexo estadístico), los residuos no se distribuyen de forma normal.

Aplicando la prueba ARCH LM (cuadro 16), no se rechaza la hipótesis de ausencia de efectos ARCH de orden 1 en los residuales.

---

---

CUADRO 16. PRUEBA ARCH LM PARA EL MODELO TGARCH (1, 1)

Rezagos	F-estadística	Prob.*
1	0.955438	0.328428

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

---

---

La prueba de sesgo de signos, sesgo negativo, sesgo positivo y la prueba conjunta (cuadro 17) presentan insignificancia estadística, por tanto, los residuales cuadrados estandarizados del modelo no pueden ser predichos por variables no incluidas en este modelo. Estos resultados muestran que el modelo TGARCH (1, 1) captura de manera adecuada la asimetría en la volatilidad de los rendimientos diarios del IPC.

CUADRO 17. PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO PARA EL MODELO TGARCH (1, 1)

	t-estadístico	Prob.
Prueba de sesgo de signo	0.477252	0.6332
Prueba de sesgo de tamaño negativo	-0.53322	0.5939
Prueba de sesgo de tamaño positivo	-0.228537	0.8192
	F- estadística	
Prueba conjunta	0.59619	0.6175

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

#### 4.6. Estimación del Modelo Asimétrico TGARCH-M (1, 1)

Incorporando la volatilidad como variable explicativa en la ecuación de la media, el modelo TGARCH-M (1, 1) produce coeficientes significativos con excepción del intercepto ( $c$ ) y del coeficiente de la volatilidad ( $\vartheta_1$ ). En otras palabras, tampoco hay evidencia estadística en la relación entre riesgo y rendimiento esperado del principal índice bursátil de la Bolsa Mexicana de Valores como lo demuestra el cuadro 18. Los resultados obtenidos de las estimaciones de los coeficientes de la ecuación de la varianza condicional indican presencia de asimetría ante noticias de diferente signo y del *efecto leverage financiero*. El coeficiente  $\varphi_1$  resultó positivo y significativo, revelando que ha de incrementarse más la incertidumbre y así la volatilidad cuando los rendimientos del IPC son menores a los esperados que cuando los rendimientos son mayores a los esperados.

El coeficiente  $\beta_0$  obtenido por el modelo resultó 0.048 y estadísticamente significativo al 1%. Los coeficientes del efecto ARCH y GARCH resultaron 0.033 y 0.878, respectivamente y estadísticamente significativos, de manera que los errores al cuadrado y



la volatilidad en el periodo anterior son variables explicativas en la volatilidad condicional del periodo presente.

CUADRO 18. ESTIMACIÓN DEL MODELO TGARCH-M (1, 1)

$$RENDIPC_t = c + \phi_1 RENDIPC_{t-1} + \phi_2 RENDIPC_{t-2} + \phi_3 RENDIPC_{t-3} + \theta_1 \varepsilon_t + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \theta_3 \varepsilon_{t-3} + \theta_4 \varepsilon_{t-4} + \vartheta_1 \sigma_{t-1} + \xi_t$$

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \varphi_1 \tau_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2$$

	Valor	Error Estándar	t-estadístico	Prob.*
$\vartheta_1$	-0.011047	0.061249	-0.180357	0.8569
C	0.092247	0.075174	1.227113	0.2198
$\phi_1$	-0.705354	0.168542	-4.185045	0.0000
$\phi_2$	-0.771332	0.042278	-18.2444	0.0000
$\phi_3$	-0.833492	0.166304	-5.011861	0.0000
$\theta_1$	0.847799	0.168471	5.032304	0.0000
$\theta_2$	0.894647	0.039331	22.74658	0.0000
$\theta_3$	0.95992	0.164179	5.846792	0.0000
$\theta_4$	0.139283	0.025306	5.503899	0.0000
$\beta_0$	0.048966	0.011327	4.323045	0.0000
$\gamma_1$	0.033521	0.012457	2.690967	0.0071
$\beta_1$	0.878539	0.016604	52.91228	0.0000
$\varphi_1$	0.152081	0.03726	4.081637	0.0000
$R^2$		0.018094		
$R^2$ -ajustada		0.013655		
Log likelihood		-4731.921		
Akaïke info criterion		3.558246		
Schwarz criterion		3.58695		
Prob. F-estadística		0.000003		

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

La persistencia de la volatilidad arrojada por el modelo resultó relativamente baja de 0.9120, de esto se deduce que *los efectos del shock tendrán poca duración en la volatilidad* y por lo tanto, en los costos de capital y en los precios de las acciones.

Los residuales al cuadrado (cuadro anexo 7) del modelo TGARCH-M (1, 1) se distribuyen de manera dependiente hasta el rezago 21, significativos al 5%. Estos resultados son similares con los obtenidos en los modelos GARCH (1, 1), GARCH-M (1, 1) y TGARCH (1, 1), los cuales no producen residuales distribuidos como ruido blanco. Adicionalmente,

la probabilidad del estadístico Jarque- Bera (tabla 2 del anexo estadístico) indica que los residuos no se distribuyen de forma normal.

De acuerdo con los resultados de la prueba ARCH LM (cuadro 19) no existen más efectos ARCH de orden 1 en los residuos.

CUADRO 19. PRUEBA ARCH LM PARA EL MODELO TGARCH-M (1, 1)

Rezagos	F-estadística	Prob.*
1	0.932226	0.334373

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

Los resultados de las pruebas de diagnóstico del modelo TGARCH- M (1, 1) indican que el modelo es adecuado al capturar los efectos asimétricos en la volatilidad condicional. En el cuadro 20 se presentan las pruebas de sesgo de signos, sesgo negativo, sesgo positivo y la prueba conjunta, las cuales no son significativas al 5%.

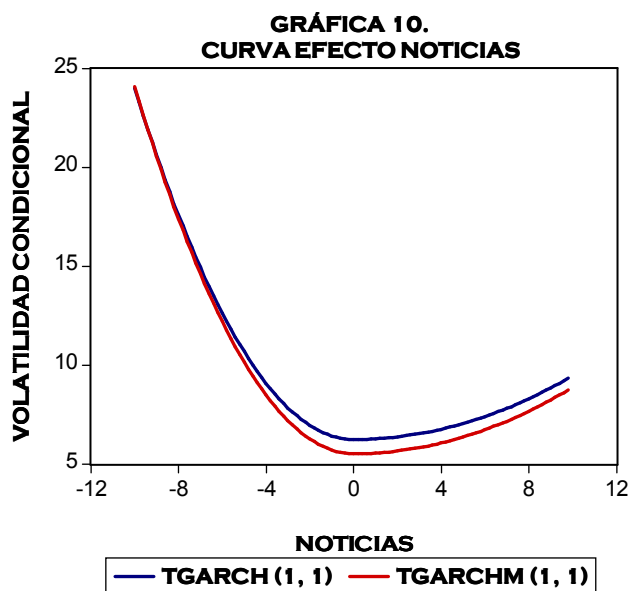
CUADRO 21. PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO PARA EL MODELO TGARCH-M (1, 1)

	t-estadístico	Prob.
Prueba de sesgo de signo	0.602641	0.5468
Prueba de sesgo de tamaño negativo	-0.568244	0.5699
Prueba de sesgo de tamaño positivo	-0.115878	0.9078
	F- estadística	
Prueba conjunta	0.700552	0.5517

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

Las curvas de efecto noticias de los modelos TGARCH (1, 1) y TGARCH-M (1,1) se presentan en la gráfica 10. Como se observa los efectos son diferentes en la volatilidad ante

noticias negativas y positivas de igual magnitud. En este caso, se puede apreciar de manera ilustrativa el llamado *efecto leverage financiero*, en donde las malas noticias tienen un mayor impacto en el nerviosismo del mercado.



#### 4.7. Estimación del Modelo Asimétrico EGARCH (1, 1)

La estimación del modelo EGARCH (1, 1) resultó menos favorable (cuadro 22), únicamente los coeficientes AR(3), MA(3) y MA(4) estimados de la ecuación de la media resultaron significativos al 5%. Estos resultados son menos sobresalientes que los obtenidos por los modelos GARCH (1, 1), GARCH-M (1, 1), TGARCH (1, 1) y TGARCH-M (1, 1), ya que estos últimos obtuvieron más coeficientes significativos de la ecuación de la media (tabla 1). En la ecuación de la varianza condicional todos los coeficientes resultaron significativos al 1%. Se comprueba la presencia del *efecto leverage financiero* en la serie de rendimientos accionarios diarios del IPC para el periodo 05 de enero de 1995 a 17 de julio

de 2005. Las malas noticias en relación a las positivas, repercuten de mayor magnitud en la volatilidad de los rendimientos diarios del IPC, es decir, estadísticamente el promedio del mercado enfatizó proporcionalmente más su nerviosismo en las noticias negativas que en las noticias positivas.

CUADRO 22. ESTIMACIÓN DEL MODELO EGARCH (1, 1)

$$RENDIPC_t = c + \phi_1 RENDIPC_{t-1} + \phi_2 RENDIPC_{t-2} + \phi_3 RENDIPC_{t-3} + \theta_1 \varepsilon_t + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \theta_3 \varepsilon_{t-3} + \theta_4 \varepsilon_{t-4} + \xi_t$$

$$Ln(\sigma_t^2) = \beta_0 + \beta_1 \cdot Ln(\sigma_{t-1}^2) + \gamma_1 \cdot \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \varphi_1 \cdot \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$$

	Valor	Error Estándar	t-estadístico	Prob.*
C	0.054313	0.036063	1.506074	0.1320
$\phi_1$	-0.020366	0.097035	-0.209882	0.8338
$\phi_2$	-0.113652	0.09582	-1.186093	0.2356
$\phi_3$	0.882058	0.099148	8.896341	0.0000
$\theta_1$	0.156323	0.098078	1.59386	0.1110
$\theta_2$	0.125817	0.115829	1.086232	0.2774
$\theta_3$	-0.853335	0.119166	-7.16086	0.0000
$\theta_4$	-0.092329	0.031826	-2.901058	0.0037
$\beta_0$	-0.125032	0.022268	-5.614904	0.0000
$\gamma_1$	0.18757	0.033385	5.618459	0.0000
$\beta_1$	0.974317	0.006629	146.983	0.0000
$\varphi_1$	-0.111736	0.026775	-4.173189	0.0000
$R^2$		0.011268		
$R^2$ -ajustada		0.007171		
Log likelihood		-4730.486		
Akaïke info criterion		3.55642		
Schwarz criterion		3.582916		
Prob. F-estadística		0.001508		

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

Sin embargo, como en los modelos anteriores, los residuales al cuadrado del modelo no se distribuyen como ruido blanco. Los primeros 29 rezagos no se distribuyen de manera independiente (cuadro anexo 8). A partir del rezago 30 la probabilidad del estadístico Q es 0.054, es decir, se acepta marginalmente la hipótesis nula de no autocorrelación entre los

residuales al cuadrado. Asimismo la probabilidad del estadístico Jarque- Bera (tabla 2 del anexo estadístico) indica que los residuos no se distribuyen de forma normal.

Al aplicar la prueba ARCH LM (cuadro 23), los resultados nos dicen que hay presencia de más efectos ARCH de orden 1 en los residuos, lo cual no es captado por el modelo EGARCH (1, 1).

Rezagos	F-estadística	Prob.*
1	5.666082	0.017366

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

La prueba de sesgo de signos, sesgo negativo, sesgo positivo y la prueba conjunta para el modelo EGARCH (1, 1) presentan estadísticamente coeficientes no significativos. Los resultados presentados en cuadro 24, indican que el modelo es adecuado para el análisis de volatilidad asimétrica. Es decir, capturan de manera adecuada los efectos asimétricos en la volatilidad de los rendimientos diarios del IPC.

	t-estadístico	Prob.
Prueba de sesgo de signo	-0.442805	0.6579
Prueba de sesgo de tamaño negativo	-1.457568	0.1451
Prueba de sesgo de tamaño positivo	0.446501	0.6553
	F- estadística	
Prueba conjunta	0.775506	0.5076

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

#### 4.8. Estimación del Modelo Asimétrico EGARCH-M (1, 1)

Al estimar el modelo EGARCH-M, los coeficientes de la ecuación de la media resultaron significativos con excepción de la desviación estándar y del intercepto. Esto implica que no existe relación estadística entre riesgo y rendimiento esperado en la serie de estudio.

La estimación de la ecuación de la varianza condicional hace evidencia del *efecto leverage financiero*. El coeficiente  $\phi_1$  resultó negativo y estadísticamente significativo, por lo que, los cambios en los rendimientos de las acciones más representativas de la BMV tienden a correlacionarse negativamente con los cambios en la volatilidad. Sin embargo, el modelo no resultó mejor al modelo TGARCH (1, 1) y TGARCH-M (1, 1) de acuerdo con el coeficiente de determinación y los criterios de Akaike y Schwarz.

CUADRO 25. ESTIMACIÓN DEL MODELO EGARCH-M (1, 1)

$$RENDIPC = c + \phi_1 RENDIPC_{t-1} + \phi_2 RENDIPC_{t-2} + \phi_3 RENDIPC_{t-3} + \theta_1 \varepsilon_t + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \theta_3 \varepsilon_{t-3} + \theta_4 \varepsilon_{t-4} + \vartheta_1 \sigma_{t-1} + \xi_t$$

$$Ln(\sigma_t^2) = \beta_0 + \beta_1 \cdot Ln(\sigma_{t-1}^2) + \gamma_1 \cdot \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \varphi_1 \cdot \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$$

	Valor	Error Estándar	t-estadístico	Prob.*
$\vartheta_1$	-0.023961	0.06207	-0.386041	0.6995
c	0.09697	0.077211	1.255899	0.2092
$\phi_1$	-0.706737	0.162077	-4.360499	0.0000
$\phi_2$	-0.76709	0.043979	-17.44236	0.0000
$\phi_3$	-0.835627	0.154399	-5.412111	0.0000
$\theta_1$	0.843881	0.161632	5.220999	0.0000
$\theta_2$	0.884299	0.041722	21.19502	0.0000
$\theta_3$	0.958543	0.152589	6.281871	0.0000
$\theta_4$	0.134946	0.024496	5.508914	0.0000
$\beta_0$	-0.129581	0.023234	-5.577343	0.0000
$\gamma_1$	0.194624	0.035149	5.537147	0.0000
$\beta_1$	0.973832	0.007224	134.8076	0.0000
$\varphi_1$	-0.106897	0.025721	-4.156003	0.0000
$R^2$		0.017862		
$R^2$ -ajustada		0.013421		
Log likelihood		-4732.672		
Akaike info criterion		3.558809		
Schwarz criterion		3.587513		
Prob. F-estadística		0.000003		

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

La probabilidad del estadístico Q de Ljung-Box muestra valores significativos al 5% para los primeros 26 rezagos (cuadro anexo 9). Así se verifica que los residuales al cuadrado no se distribuyen como ruido blanco. Asimismo la probabilidad del estadístico Jarque- Bera (tabla 2 del anexo estadístico), como en todos los modelos estimados en este trabajo, indica que los residuos no se distribuyen de forma normal. La prueba ARCH LM permite rechazar la hipótesis nula de ausencia de efectos ARCH de orden 1, en el cuadro 26 se presenta el valor de la probabilidad cuyo valor es menor al 5%.

---



---

CUADRO 26. PRUEBA ARCH LM PARA EL MODELO EGARCH-M (1, 1)

Rezagos	F-estadística	Prob.*
1	5.140093	0.023459

Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

---



---

Las pruebas de diagnóstico indican que los residuales cuadrados estandarizados del modelo EGARCH-M (1, 1) no pueden ser predichos por variables no incluidas. Es decir, el modelo captura de manera adecuada la asimetría en la volatilidad de los rendimientos diarios del IPC. La curva del efecto noticias del modelo EGARCH (1, 1) y EGARCH-M (1, 1) se presentan en la gráfica 11.

---



---

CUADRO 27. PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO PARA EL MODELO EGARCH-M (1, 1)

	t-estadístico	Prob.
Prueba de sesgo de signo	-0.329085	0.7421
Prueba de sesgo de tamaño negativo	-1.421033	0.1554
Prueba de sesgo de tamaño positivo	0.145185	0.8846

	F- estadística	
Prueba conjunta	0.749902	0.5223

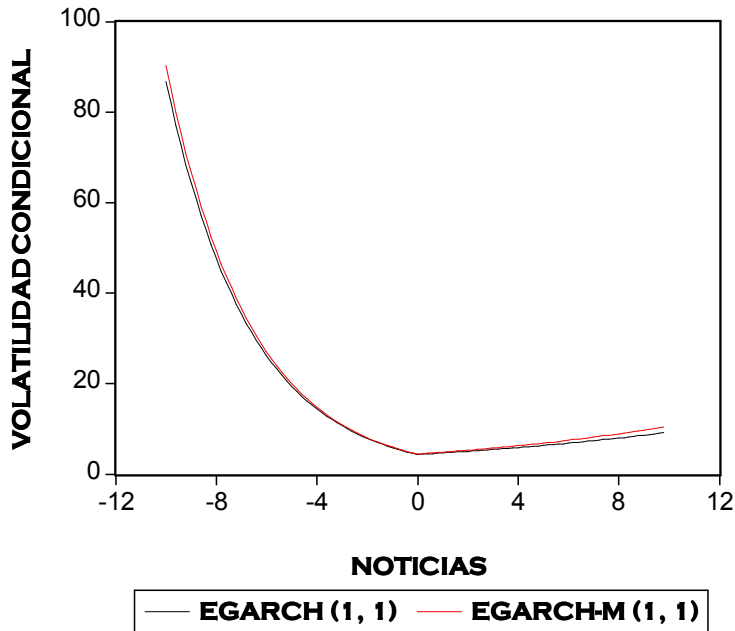
Nota: Estimaciones en Eviews 4.1

---



---

**GRÁFICA 11.  
CURVA EFECTO NOTICIAS**



#### 4. 9. Conclusiones.

Para un periodo de estudio que comprende del 05 de enero de 1995 al 17 de julio de 2005, los modelos asimétricos identificaron la presencia de asimetría y del *efecto leverage financiero* en los rendimientos diarios del IPC. Existe evidencia estadística que en los rendimientos diarios del IPC de la BMV, las malas noticias repercuten en mayor magnitud en la volatilidad que las noticias positivas de igual magnitud. En otras palabras, el promedio del mercado enfatizó proporcionalmente más su interés ante noticias negativas que ante positivas de igual magnitud<sup>5</sup>. Evidentemente se observó en los rendimientos diarios una pequeña persistencia en el tiempo de los efectos en un choque en la volatilidad.

<sup>5</sup> Los participantes del mercado tienden en promedio a sobrevalorar el riesgo del mercado dado que los efectos negativos son en promedio de mayor trascendencia en las expectativas. Es decir, dado la aversión al riesgo, el impacto moral ante situaciones adversas son



El modelo TGARCH (1, 1) fue el mejor modelo que se ajustó en la modelización de la ecuación de la media y varianza condicional de los rendimientos del IPC. Todos los coeficientes de la ecuación de la media y varianza condicional resultaron estadísticamente significativos. Los criterios de selección de Akaike y Schwarz refuerzan esta proposición. Desafortunadamente, los correlogramas de los residuales cuadrados estandarizados tanto para el modelo TAGARCH (1, 1) como para el resto de los modelos estimados, indican que no se obtuvieron una distribución normal estándar con media cero y varianza unitaria. Por lo tanto, este será objeto de otros trabajos futuros que tengan como objetivo mejorar la modelización de la varianza. El modelo TGARCH (1, 1) estimado presenta los siguientes coeficientes en la ecuación de la media:

$$RENDIPC = 0.08 - 0.77RENDIPC_{t-1} - 0.77RENDIPC_{t-2} - 0.90RENDIPC_{t-3} + 0.91\varepsilon_{t-1} + 0.90\varepsilon_{t-2} + 1.03\varepsilon_{t-3} + 0.14\varepsilon_{t-4} + \xi_t \quad (61)$$

De esta manera, la rentabilidad promedio diaria es 8%, equivalente a 20.44% anual. La volatilidad condicional estimada por el modelo resultó:

$$\sigma_t^2 = 0.04 + 0.03\varepsilon_{t-1}^2 + 0.88\sigma_{t-1}^2 + 0.14\tau_{t-1}\varepsilon_{t-1}^2 + \xi_t \quad (62)$$

Estos resultados son congruentes con el estudio de volatilidad asimétrica por Johnson y Soriano (2004) para un conjunto de países emergentes, quienes encontraron evidencia de alta volatilidad y mayor presencia de efectos negativos en la serie del IPC. Sin embargo,

---

mayores que en contextos “normales” o escenarios favorables. De modo que la formación de expectativas comúnmente incluyen eventos de baja probabilidad de ocurrencia.

nuestros resultados difieren en la relación entre riesgo y rendimiento accionario, los cuales no muestran relación estadística. Esta relación insignificativa entre riesgo y rendimiento puede ser explicada por varias hipótesis, por ejemplo Glosten, Jagannathan y Runkle (1993), argumentan que un premio al riesgo puede ser no requerido cuando coinciden periodos en el que los inversionistas están más disponibles a tolerar particulares tipos de riesgo. Adicionalmente, el buen desempeño de la BMV, el favorable clima de negocios en los últimos años y un mercado de capitales más eficiente, posiblemente han repercutido en ésta tolerancia.

## 5. CONCLUSIONES GENERALES

Existe poca bibliografía relativa al análisis de volatilidad asimétrica en los rendimientos del Índice de Precios y Cotizaciones que inicia con el proceso de liberalización de los mercados financieros hasta el periodo de relativa estabilidad macroeconómica. Medir el grado de volatilidad de los índices accionarios es pertinente para la elaboración de estrategias y expectativas que conforman en la elaboración de un portafolio de inversión. El análisis de la volatilidad es importante para la evaluación de los costos de capital de las empresas ante posibles efectos asimétricos y en las decisiones de inversión de los bienes de capital.

Considerando un mercado accionario más eficiente, la relativa estabilidad macroeconómica y el crecimiento de las principales emisoras en los últimos años, nuestro objeto de estudio fue determinar la presencia de asimétrica y del *efecto leverage financiero* en los rendimientos diarios del IPC. Nuestros resultados permiten inferir en primer lugar que no es posible ajustar el historial de precios del IPC como estadísticos a un modelo de pronóstico de series de tiempo estacionarias. Considerando que nuestro objetivo no fue ajustar un modelo de series de tiempo para fines de pronóstico, nuestro análisis se concentró en modelar la heterocedasticidad del modelo ARMA (3, 4) de los rendimientos diarios del IPC a fin de capturar su varianza condicional.

No obstante de las limitaciones, los modelos de volatilidad condicional simétricos y asimétricos permitieron modelar la volatilidad dinámica. De esta forma, estos modelos proporcionaron razones suficientes para argumentar que la volatilidad condicional de los rendimientos diarios del IPC es una función de la volatilidad anterior y de las innovaciones

del periodo previo. Sin embargo, los modelos asimétricos TGARCH (1, 1), EGARCH (1, 1) y sus especificaciones a la media, permitieron establecer evidencia de asimetría y del llamado *efecto leverage financiero*. En este sentido, existe evidencia estadística que los cambios en los precios de las acciones tienden a correlacionarse negativamente con los cambios en la volatilidad, es decir, los rendimientos negativos inesperados en el IPC originan un mayor cambio en la volatilidad ante rendimientos positivos inesperados de igual magnitud.

También es importante mencionar que todos los modelos presentaron cierto grado de persistencia en la volatilidad, sin embargo, no existe evidencia estadística que la volatilidad sea tajantemente persistente. Es decir, el proceso de varianza converge paulatinamente a su varianza no condicional o de largo plazo, y los shocks en la volatilidad no repercuten en los niveles de varianza condicional futura.

Otra característica que capturaron los modelos GARCH-M (1, 1), TGARCH-M (1, 1) y EGARCH-M (1, 1) es la insignificancia estadística en la relación entre riesgo y rendimiento esperado para el conjunto de las acciones más representativas de la BMV. En otras palabras, un anticipo en el incremento en la volatilidad condicional no debería aumentar los requerimientos de rendimientos. Por lo tanto, no se esperaría una baja en el precio de la acción que incremente el nivel de apalancamiento y volatilidad, de forma que no conlleve a nuevos incrementos esperados en la volatilidad condicional. Estos resultados pueden ser explicados probablemente por la relativa estabilidad macroeconómica, el buen comportamiento de la bolsa en los últimos años del periodo de estudio y un mercado accionario más eficiente, los cuales, han coadyuvado para que los rendimientos esperados

no estén determinados por la percepción del riesgo presente. Particularmente, la relativa estabilidad macroeconómica y un mercado más eficiente pudieran haber contribuido en la generación de mayor certidumbre en los rendimientos esperados, de tal forma, que las tasas de descuento aplicadas en el mercado son relativamente independientes del comportamiento observado de los precios del IPC. La estabilidad de las principales variables macroeconómicas aunadas con los buenos resultados obtenidos por las empresas han repercutido a corto plazo en un mayor nivel de confianza y certidumbre. Esto quiere decir, que las tasas de descuento aplicadas en el mercado son relativamente independientes del comportamiento observado de los precios del IPC, así, las expectativas de corto plazo probablemente están determinadas por un estado de relativa estabilidad.

Por todo lo anterior, podemos concluir que es conveniente que los administradores financieros determinen una estructura de capital apropiada para las necesidades de cada firma. Asimismo, con el fin de administrar tanto sus portafolios como los precios de sus acciones en el mercado, es importante que las empresas e instituciones financieras cuenten con áreas especializadas responsables de la administración de los riesgos financieros.

Por otra parte, además de un entorno macroeconómico estable, es fundamental que las entidades regulatorias y de supervisión en los mercados financieros generen confianza y certidumbre sobre la información generada en el mercado. De tal forma, que los agentes participantes y en particular los inversionistas, tengan certeza que la información relevante de las emisoras está apegada a sus resultados económicos. En este sentido, es primordial que las autoridades exijan transparencia y buen uso de la información, de manera que contribuya en la conformación y desarrollo de un mercado accionario mexicano más

eficiente. Particularmente, debe enfatizarse sobre la importancia de las empresas calificadoras de valores a fin de que éstas garanticen que la calificación otorgada se apege (fundamentos económicos) a los balances contables auténticos de las emisoras.

# ANEXO ESTADÍSTICO

## Tablas Resumen

ECUACIÓN DE LA MEDIA:  $RENDIPC_t = c + \phi_1 RENDIPC_{t-1} + \phi_2 RENDIPC_{t-2} + \phi_3 RENDIPC_{t-3} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \theta_3 \varepsilon_{t-3} + \theta_4 \varepsilon_{t-4} + \xi_t$

ECUACIÓN DE LA VARIANZA:

GARCH (1, 1):  $\sigma_t^2 = \beta_0 + \gamma_1 \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$

TGARCH (1, 1):  $\sigma_t^2 = \beta_0 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \varphi_1 \tau_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2$

EGARCH (1, 1):  $Ln(\sigma_t^2) = \beta_0 + \beta_1 \cdot Ln(\sigma_{t-1}^2) + \gamma_1 \cdot \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \varphi_1 \cdot \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$

VOLATILIDAD EN LA ECUACIÓN DE LA MEDIA:  $r_t = \mu + \mathcal{G}_1 \sigma_{t-1}^2 + \varepsilon_t$

PARAMETROS	MODELO ARMA (3, 4)		GARCH (1, 1)		GARCH-M (1, 1)		TGARCH (1, 1)		TGARCH-M (1, 1)		EGARCH (1, 1)		EGARCH-M (1, 1)	
	valor	Std. Error	valor	Std. Error	valor	Std. Error	valor	Std. Error	valor	Std. Error	valor	Std. Error	valor	Std. Error
$c$	0.082	0.032	0.136	0.027	0.083*	0.0767	0.082	0.028	0.092*	0.075	0.054*	0.036	0.096*	0.077
$\phi_1$	-0.175	0.054	-1.478	0.039	-0.709	0.1405	-0.774	0.042	-0.705	0.169	-0.020*	0.097	-0.707	0.162
$\phi_2$	0.178	0.052	-1.474	0.031	-0.770	0.0415	-0.779	0.024	-0.771	0.042	-0.113*	0.096	-0.767	0.044
$\phi_3$	0.850	0.049	-0.926	0.038	-0.832	0.1381	-0.910	0.038	-0.833	0.166	0.882	0.099	-0.836	0.154
$\theta_1$	0.277	0.058	1.611	0.043	0.846	0.1404	0.914	0.045	0.848	0.168	0.156*	0.098	0.844	0.162
$\theta_2$	-0.160	0.048	1.679	0.045	0.892	0.0425	0.904	0.028	0.895	0.039	0.125*	0.116	0.884	0.042
$\theta_3$	-0.897	0.045	1.130	0.048	0.954	0.1368	1.034	0.039	0.960	0.164	-0.853	0.119	0.959	0.153
$\theta_4$	-0.075	0.021	0.137	0.022	0.137	0.0239	0.144	0.021	0.139	0.025	-0.092	0.032	0.135	0.024
$\beta_0$			0.049	0.013	0.051	0.0137	0.048	0.000	0.049	0.011	-0.125	0.022	-0.130	0.011
$\gamma_1$			0.117	0.027	0.122	0.0266	0.032	0.008	0.034	0.012	0.188	0.033	0.195	0.014
$\beta_1$			0.868	0.024	0.865	0.0238	0.882	0.000	0.879	0.037	0.974	0.027	0.974	0.005
$\varphi_1$							0.145	0.000	0.152	0.017	-0.112	0.007	-0.107	0.008
$\mathcal{G}_1$					0.044*	0.0599			-0.011*	0.061			-0.023*	0.062
Sign Bias Test			0.096*	0.110	0.039*	0.1092	0.049*	0.103	0.062*	0.103	-0.032*	0.074	-0.034*	0.104
Negative Size Bias Test			-0.091*	0.047	-0.10321	0.0462	-0.024*	0.045	-0.025*	0.046	-0.057*	0.040	-0.065*	0.046
Positive Size Bias Test			-0.033*	0.046	-0.048*	0.0466	-0.009*	0.043	-0.004*	0.042	0.016*	0.037	0.006*	0.043
Prueba Conjunta (prob.)			0.0033		0.0032		0.6175		0.5517		0.5076		0.5223	
Akaike info criterion	3.8580		3.5867		3.5896		3.5553		3.5582		3.55642		3.558809	
Schwarz criterion	3.8757		3.6110		3.6161		3.5818		3.5870		3.58292		3.587513	
Log likelihood	-5136.704		-4772		-4774.73		-4729		-4731.92		-4730.5		-4732.67	
ARCH-LM (1 rezago)	250.462		3.8473		3.445*		0.955*		0.932*		5.666		5.140	
Persistencia (Wald test)			2.987*		2.481*		NP		NP		NP		NP	

\* Valor no significativo al 5%

NP: No presenta persistencia en la volatilidad, por lo cual no fue necesario realizar la prueba Wald.

TABLA 2. NORMALIDAD EN LOS RESIDUOS

	MODELO ARMA (3, 4)	GARCH (1, 1)	GARCH-M (1, 1)	TGARCH (1, 1)	TGARCH-M (1, 1)	EGARCH (1, 1)	EGARCH-M (1, 1)
DESV. ESTANDAR	1.660	0.999	0.999	1.000	1.002	1.000	1.003
SKEWNESS	0.155	-0.172	-0.157	-0.002	0.0002	-0.015	-0.007
KURTOSIS	9.587	5.076	5.013	4.612	4.588	4.641	4.656
JARQUE-BERA	4833	492	461	288	280	299	304
PROBABILIDAD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

## Cuadros Anexos

CUADRO ANEXO I. CORRELOGRAMA DE LA SERIE DE RENDIMIENTOS

Rezagó	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezagó	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezagó	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.
1	0.096	0.096	24.739	0.000	68	0.002	-0.007	110.6	0.001	135	-0.015	-0.019	185.45	0.003
2	-0.019	-0.028	25.684	0.000	69	0.007	0.014	110.72	0.001	136	0.006	0.007	185.54	0.003
3	-0.028	-0.024	27.85	0.000	70	0.006	0.013	110.8	0.001	137	0.032	0.029	188.36	0.002
4	0.039	0.044	31.855	0.000	71	-0.009	-0.018	111.02	0.002	138	-0.042	-0.057	193.4	0.001
5	-0.014	-0.023	32.361	0.000	72	-0.037	-0.027	114.69	0.001	139	-0.02	-0.005	194.51	0.001
6	-0.012	-0.007	32.724	0.000	73	0.008	0.01	114.85	0.001	140	0.032	0.045	197.4	0.001
7	0.013	0.016	33.154	0.000	74	0.002	-0.009	114.86	0.002	141	0.024	0.01	199.01	0.001
8	0.003	-0.003	33.186	0.000	75	-0.009	-0.018	115.1	0.002	142	0.02	0.019	200.19	0.001
9	0.002	0.004	33.198	0.000	76	0.017	0.025	115.89	0.002	143	0.01	0.007	200.48	0.001
10	0.024	0.025	34.709	0.000	77	-0.003	-0.012	115.92	0.003	144	0.036	0.021	204.22	0.001
11	-0.01	-0.017	34.999	0.000	78	-0.012	-0.001	116.3	0.003	145	0.044	0.031	209.74	0.000
12	0.012	0.016	35.355	0.000	79	-0.016	-0.013	117.04	0.004	146	0.027	0.015	211.82	0.000
13	0.018	0.017	36.252	0.001	80	0.026	0.025	118.95	0.003	147	0.001	0	211.83	0.000
14	0.019	0.014	37.271	0.001	81	0.018	0.012	119.84	0.003	148	0.004	0.014	211.87	0.000
15	-0.038	-0.038	41.094	0.000	82	-0.025	-0.028	121.62	0.003	149	-0.002	-0.015	211.88	0.001
16	0.003	0.012	41.122	0.001	83	-0.01	0.001	121.87	0.004	150	-0.023	-0.026	213.36	0.001
17	-0.014	-0.019	41.66	0.001	84	0.024	0.015	123.41	0.003	151	-0.015	-0.003	213.98	0.001
18	0.015	0.016	42.229	0.001	85	-0.018	-0.026	124.32	0.004	152	-0.031	-0.02	216.74	0.000
19	0.034	0.036	45.426	0.001	86	-0.013	-0.008	124.77	0.004	153	0.004	0.005	216.8	0.001
20	0.006	-0.004	45.529	0.001	87	0.01	0.012	125.03	0.005	154	0.005	0.004	216.86	0.001
21	0.019	0.023	46.523	0.001	88	0.026	0.02	126.94	0.004	155	-0.01	-0.018	217.15	0.001
22	-0.006	-0.009	46.618	0.002	89	-0.029	-0.032	129.24	0.003	156	0.025	0.024	218.92	0.001
23	0.022	0.021	47.91	0.002	90	-0.059	-0.057	138.81	0.001	157	-0.007	-0.021	219.06	0.001
24	-0.005	-0.007	47.983	0.003	91	-0.004	0.005	138.86	0.001	158	-0.002	-0.007	219.07	0.001
25	-0.015	-0.013	48.599	0.003	92	0.015	0.009	139.48	0.001	159	0.016	0.023	219.82	0.001
26	0.003	0.005	48.623	0.005	93	-0.006	-0.003	139.59	0.001	160	0.008	-0.009	220	0.001
27	0.014	0.012	49.158	0.006	94	0.008	0.012	139.75	0.002	161	0.002	-0.004	220.01	0.001
28	-0.037	-0.041	52.933	0.003	95	0.04	0.031	144.14	0.001	162	-0.013	-0.009	220.46	0.002
29	-0.045	-0.036	58.504	0.001	96	0.003	-0.006	144.16	0.001	163	-0.019	-0.016	221.45	0.002
30	-0.017	-0.012	59.279	0.001	97	-0.004	0.001	144.21	0.001	164	0.046	0.039	227.37	0.001
31	-0.008	-0.011	59.433	0.002	98	-0.022	-0.011	145.5	0.001	165	0.043	0.035	232.6	0.000
32	0.016	0.018	60.14	0.002	99	0	0.002	145.5	0.002	166	0.028	0.019	234.84	0.000
33	-0.007	-0.011	60.254	0.003	100	-0.021	-0.024	146.77	0.002	167	0.006	-0.002	234.95	0.000
34	0.003	0.006	60.279	0.004	101	0.01	0.018	147.07	0.002	168	0.015	0.007	235.6	0.000
35	-0.039	-0.04	64.403	0.002	102	0.01	0.005	147.37	0.002	169	-0.034	-0.036	238.88	0.000
36	-0.034	-0.026	67.516	0.001	103	0.037	0.039	151.2	0.001	170	-0.017	-0.001	239.72	0.000
37	0.012	0.015	67.892	0.001	104	0.007	0.002	151.34	0.002	171	0.007	0.012	239.85	0.000
38	0.004	0.002	67.928	0.002	105	0.008	0	151.51	0.002	172	0.025	0.013	241.56	0.000
39	-0.019	-0.019	68.946	0.002	106	0.013	0.011	151.97	0.002	173	-0.011	-0.012	241.91	0.000
40	-0.016	-0.011	69.639	0.003	107	0.017	0.005	152.8	0.002	174	-0.004	-0.001	241.95	0.001
41	0.034	0.036	72.774	0.002	108	-0.035	-0.039	156.23	0.002	175	0.009	0.008	242.16	0.001
42	0.043	0.037	77.871	0.001	109	-0.035	-0.017	159.63	0.001	176	-0.031	-0.032	244.84	0.000
43	0.002	-0.001	77.881	0.001	110	-0.03	-0.021	162.16	0.001	177	0.018	0.029	245.75	0.000
44	-0.02	-0.018	78.916	0.001	111	-0.031	-0.037	164.76	0.001	178	0.02	0.013	246.86	0.000
45	-0.013	-0.011	79.381	0.001	112	-0.011	-0.001	165.12	0.001	179	-0.003	-0.009	246.89	0.001
46	-0.046	-0.049	85.04	0.000	113	-0.027	-0.026	167.09	0.001	180	-0.015	-0.003	247.5	0.001
47	-0.015	-0.001	85.668	0.000	114	-0.034	-0.029	170.29	0.001	181	0.02	0.031	248.62	0.001
48	0.003	0.008	85.694	0.001	115	-0.018	-0.023	171.21	0.001	182	0.027	0.019	250.73	0.001
49	-0.016	-0.015	86.43	0.001	116	-0.018	-0.013	172.1	0.001	183	0.007	0.001	250.88	0.001
50	0.019	0.023	87.394	0.001	117	-0.007	-0.006	172.23	0.001	184	-0.027	-0.028	252.91	0.001
51	-0.022	-0.03	88.655	0.001	118	0.002	-0.006	172.24	0.001	185	-0.006	-0.006	253.02	0.001
52	0.007	0.014	88.8	0.001	119	0.015	0.012	172.85	0.001	186	-0.002	-0.009	253.03	0.001
53	0.002	0.002	88.811	0.001	120	-0.013	-0.012	173.34	0.001	187	0.029	0.019	255.52	0.001
54	0.037	0.037	92.634	0.001	121	-0.007	-0.006	173.46	0.001	188	0.006	0.002	255.62	0.001
55	-0.001	-0.007	92.64	0.001	122	-0.001	0	173.46	0.002	189	-0.037	-0.04	259.54	0.001
56	-0.049	-0.045	99.201	0.000	123	0.018	0.026	174.33	0.002	190	0.005	0.013	259.6	0.001
57	-0.002	0.009	99.212	0.000	124	0.013	0.015	174.78	0.002	191	0.021	0.01	260.89	0.001
58	0.01	0.007	99.491	0.001	125	0.013	0.006	175.25	0.002	192	0.014	0.024	261.45	0.001
59	-0.034	-0.036	102.64	0.000	126	-0.007	-0.01	175.39	0.002	193	-0.01	0.005	261.77	0.001
60	-0.039	-0.032	106.88	0.000	127	-0.031	-0.019	178.07	0.002	194	0.019	0.024	262.81	0.001
61	0.017	0.016	107.67	0.000	128	-0.023	-0.026	179.56	0.002	195	0.038	0.037	266.89	0.000
62	-0.005	-0.014	107.74	0.000	129	-0.024	-0.024	181.22	0.002	196	-0.017	-0.016	267.69	0.001
63	0.016	0.022	108.47	0.000	130	-0.026	-0.021	183.06	0.002	197	-0.005	0.001	267.77	0.001
64	0.018	0.009	109.37	0.000	131	-0.01	0	183.32	0.002	198	0.053	0.035	275.82	0.000
65	0.011	0.01	109.7	0.000	132	-0.02	-0.009	184.44	0.002	199	-0.008	-0.023	276.02	0.000
66	-0.005	-0.004	109.76	0.001	133	-0.009	-0.007	184.66	0.002	200	-0.018	-0.013	276.93	0.000
67	0.017	0.023	110.59	0.001	134	0.008	0.011	184.83	0.002					

Nota: F.A. es la función de autocorrelación y F.A.P. es la función de autocorrelación parcial. Correlograma en niveles (200 rezagos). Estimaciones en Eviews 4.1



CUADRO ANEXO 2. CORRELOGRAMA DE LOS RESIDUALES DE LA ECUACIÓN DE LA MEDIA

Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.
1	-0.002	-0.002	0.014		68	-0.001	-0.004	74.913	0.109	135	-0.019	-0.021	140.75	0.208
2	-0.014	-0.014	0.5314		69	0.008	0.012	75.086	0.123	136	0.003	0.002	140.77	0.226
3	-0.008	-0.008	0.699		70	0.006	0.014	75.182	0.14	137	0.037	0.036	144.65	0.179
4	0.022	0.022	1.9922		71	-0.004	-0.009	75.236	0.159	138	-0.046	-0.052	150.6	0.116
5	-0.012	-0.012	2.3864		72	-0.035	-0.03	78.601	0.12	139	-0.016	-0.014	151.29	0.12
6	0.002	0.003	2.403		73	0.01	0.006	78.873	0.133	140	0.032	0.042	154.26	0.1
7	-0.002	-0.002	2.412		74	0.002	-0.004	78.885	0.152	141	0.014	0.014	154.84	0.105
8	0.014	0.014	2.9609	0.085	75	-0.007	-0.017	79.037	0.17	142	0.023	0.023	156.35	0.101
9	0.006	0.006	3.0527	0.217	76	0.019	0.025	80.051	0.171	143	0.006	0.004	156.44	0.111
10	0.012	0.012	3.4257	0.331	77	-0.005	-0.008	80.112	0.192	144	0.028	0.02	158.72	0.099
11	-0.002	-0.002	3.4391	0.487	78	-0.007	0.001	80.243	0.212	145	0.043	0.031	163.85	0.066
12	0.008	0.008	3.6253	0.605	79	-0.02	-0.018	81.29	0.212	146	0.022	0.016	165.2	0.064
13	0.007	0.007	3.7642	0.709	80	0.025	0.025	83.033	0.198	147	-0.002	0.003	165.21	0.072
14	0.032	0.032	6.5293	0.479	81	0.02	0.018	84.158	0.197	148	0.008	0.016	165.41	0.078
15	-0.043	-0.042	11.429	0.179	82	-0.027	-0.026	86.159	0.178	149	-0.004	-0.012	165.45	0.087
16	0.004	0.004	11.477	0.244	83	-0.009	-0.003	86.385	0.195	150	-0.023	-0.026	166.89	0.084
17	-0.007	-0.008	11.615	0.312	84	0.027	0.016	88.389	0.176	151	-0.006	-0.004	167.01	0.092
18	0.004	0.001	11.65	0.391	85	-0.021	-0.022	89.555	0.175	152	-0.034	-0.021	170.35	0.074
19	0.03	0.033	14.102	0.294	86	-0.01	-0.01	89.841	0.19	153	0.007	0.005	170.51	0.081
20	0.014	0.013	14.656	0.329	87	0.008	0.008	90.025	0.208	154	0.007	0.004	170.64	0.089
21	0.008	0.01	14.845	0.389	88	0.025	0.025	91.698	0.195	155	-0.017	-0.018	171.43	0.091
22	-0.01	-0.011	15.102	0.444	89	-0.023	-0.023	93.194	0.187	156	0.029	0.024	173.83	0.08
23	0.028	0.028	17.271	0.368	90	-0.055	-0.061	101.45	0.082	157	-0.009	-0.019	174.06	0.087
24	-0.015	-0.015	17.877	0.397	91	-0.002	-0.001	101.46	0.094	158	-0.006	-0.006	174.15	0.096
25	-0.012	-0.01	18.238	0.44	92	0.015	0.011	102.1	0.1	159	0.02	0.022	175.26	0.095
26	0.004	0.004	18.285	0.503	93	-0.009	-0.002	102.33	0.11	160	0.005	-0.006	175.33	0.104
27	0.007	0.005	18.422	0.56	94	0.007	0.01	102.47	0.123	161	0	-0.002	175.33	0.115
28	-0.029	-0.029	20.723	0.476	95	0.041	0.033	107.01	0.082	162	-0.007	-0.008	175.48	0.124
29	-0.041	-0.039	25.239	0.286	96	-0.002	-0.002	107.02	0.094	163	-0.023	-0.017	176.95	0.12
30	-0.019	-0.022	26.222	0.29	97	-0.002	0.001	107.03	0.106	164	0.044	0.035	182.41	0.081
31	-0.007	-0.009	26.351	0.336	98	-0.02	-0.01	108.16	0.106	165	0.038	0.036	186.51	0.06
32	0.018	0.017	27.201	0.346	99	0.004	0.007	108.21	0.119	166	0.021	0.025	187.71	0.059
33	-0.011	-0.013	27.552	0.381	100	-0.022	-0.025	109.61	0.115	167	0.003	-0.001	187.75	0.066
34	0.009	0.012	27.787	0.422	101	0.013	0.015	110.05	0.123	168	0.02	0.01	188.84	0.066
35	-0.039	-0.04	31.923	0.278	102	0.008	0.008	110.23	0.136	169	-0.037	-0.033	192.79	0.05
36	-0.028	-0.027	34.096	0.236	103	0.037	0.04	114.05	0.101	170	-0.014	-0.007	193.33	0.052
37	0.017	0.016	34.871	0.247	104	0.004	0.007	114.1	0.113	171	0.005	0.01	193.41	0.058
38	0.001	0.003	34.874	0.289	105	0.007	0.002	114.25	0.125	172	0.022	0.018	194.75	0.057
39	-0.018	-0.017	35.786	0.295	106	0.012	0.009	114.63	0.135	173	-0.012	-0.013	195.16	0.06
40	-0.008	-0.009	35.953	0.332	107	0.02	0.011	115.75	0.134	174	-0.005	-0.005	195.24	0.067
41	0.029	0.029	38.188	0.285	108	-0.033	-0.035	118.74	0.11	175	0.009	0.012	195.46	0.072
42	0.043	0.045	43.306	0.158	109	-0.027	-0.019	120.76	0.099	176	-0.031	-0.034	198.23	0.061
43	0.005	0.009	43.362	0.186	110	-0.023	-0.016	122.27	0.095	177	0.017	0.022	199.03	0.063
44	-0.018	-0.017	44.267	0.192	111	-0.026	-0.036	124.2	0.086	178	0.015	0.016	199.65	0.066
45	-0.003	-0.004	44.296	0.223	112	-0.005	-0.004	124.27	0.097	179	-0.001	-0.006	199.65	0.073
46	-0.042	-0.047	49.1	0.129	113	-0.02	-0.018	125.35	0.097	180	-0.018	-0.011	200.57	0.074
47	-0.009	-0.004	49.332	0.148	114	-0.029	-0.026	127.72	0.084	181	0.018	0.028	201.45	0.076
48	0.011	0.014	49.655	0.166	115	-0.013	-0.027	128.21	0.09	182	0.026	0.024	203.41	0.07
49	-0.018	-0.013	50.508	0.173	116	-0.013	-0.01	128.68	0.096	183	0.004	0.003	203.46	0.077
50	0.025	0.025	52.199	0.159	117	-0.003	-0.003	128.7	0.107	184	-0.027	-0.027	205.53	0.07
51	-0.02	-0.025	53.271	0.16	118	0.002	-0.009	128.71	0.12	185	-0.003	-0.008	205.56	0.077
52	0.011	0.014	53.593	0.178	119	0.017	0.017	129.56	0.123	186	-0.004	-0.01	205.6	0.084
53	0.002	0.002	53.602	0.206	120	-0.012	-0.008	129.94	0.132	187	0.031	0.021	208.44	0.072
54	0.039	0.04	57.672	0.137	121	-0.004	-0.007	129.98	0.145	188	0.005	0.006	208.51	0.079
55	0	0.002	57.672	0.16	122	0.001	0.003	129.99	0.161	189	-0.039	-0.039	212.84	0.058
56	-0.047	-0.046	63.579	0.079	123	0.018	0.024	130.85	0.164	190	0.008	0.007	213.01	0.064
57	0.005	0.006	63.646	0.093	124	0.009	0.015	131.07	0.177	191	0.021	0.011	214.25	0.063
58	0.016	0.014	64.319	0.1	125	0.013	0.011	131.54	0.186	192	0.014	0.029	214.84	0.066
59	-0.03	-0.03	66.788	0.081	126	-0.004	-0.008	131.59	0.203	193	-0.014	0.003	215.38	0.069
60	-0.037	-0.038	70.621	0.053	127	-0.029	-0.018	133.93	0.182	194	0.017	0.021	216.25	0.07
61	0.021	0.013	71.818	0.053	128	-0.017	-0.022	134.7	0.186	195	0.038	0.043	220.46	0.053
62	-0.008	-0.012	71.986	0.062	129	-0.02	-0.024	135.86	0.185	196	-0.019	-0.012	221.48	0.053
63	0.019	0.021	72.946	0.064	130	-0.027	-0.025	137.87	0.17	197	-0.008	-0.003	221.64	0.058
64	0.015	0.008	73.526	0.069	131	-0.004	0.002	137.91	0.186	198	0.054	0.036	230.17	0.028
65	0.01	0.013	73.796	0.079	132	-0.02	-0.01	138.99	0.185	199	-0.012	-0.016	230.6	0.03
66	-0.006	-0.005	73.88	0.092	133	-0.01	-0.009	139.28	0.197	200	-0.015	-0.016	231.25	0.031
67	0.019	0.023	74.91	0.093	134	0.012	0.015	139.71	0.208					

Nota: F.A. es la función de autocorrelación y F.A.P. es la función de autocorrelación parcial. Correlograma en niveles (200 rezagos). Estimaciones en Eviews 4.1

CUADRO ANEXO 3. CORRELOGRAMA DE LOS RESIDUALES CUADRADOS DE LA ECUACIÓN DE LA MEDIA

Rezagó	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezagó	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezagó	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.
1	0.293	0.293	229.44		68	0.033	0.011	908.94	0.000	135	0.004	0.005	986.51	0.000
2	0.114	0.031	264.39		69	0.051	0.03	916.19	0.000	136	0.028	0.013	988.67	0.000
3	0.197	0.171	368.48		70	0.015	-0.03	916.83	0.000	137	0.003	-0.009	988.69	0.000
4	0.044	-0.067	373.61		71	0.015	0.001	917.48	0.000	138	-0.013	-0.014	989.17	0.000
5	0.123	-0.126	413.78		72	0.037	0.019	921.28	0.000	139	0.014	0.009	989.7	0.000
6	0.126	0.032	455.92		73	0.014	-0.011	921.79	0.000	140	0.006	-0.003	989.81	0.000
7	0.067	0.028	467.9		74	0.024	0	923.4	0.000	141	0.007	0.005	989.96	0.000
8	0.112	0.053	501.72	0.000	75	0.024	-0.001	925.03	0.000	142	0.008	-0.005	990.15	0.000
9	0.111	0.051	534.86	0.000	76	0.017	0.011	925.82	0.000	143	-0.006	-0.007	990.24	0.000
10	0.058	-0.005	543.95	0.000	77	0.018	-0.009	926.67	0.000	144	0.015	0.01	990.87	0.000
11	0.081	0.051	561.52	0.000	78	0.026	0.005	928.5	0.000	145	0.012	0.004	991.5	0.000
12	0.101	0.048	588.77	0.000	79	0.026	0.013	930.35	0.000	146	0.034	0.035	994.65	0.000
13	0.068	0.01	601.14	0.000	80	0.025	-0.003	932.03	0.000	147	0.016	-0.009	995.42	0.000
14	0.065	0.008	612.54	0.000	81	0.031	0.003	934.65	0.000	148	0.028	0.027	997.66	0.000
15	0.057	0.004	621.24	0.000	82	0.025	0.001	936.4	0.000	149	0.016	-0.018	998.42	0.000
16	0.059	0.024	630.57	0.000	83	0.044	0.032	941.76	0.000	150	-0.004	-0.004	998.47	0.000
17	0.075	0.023	645.53	0.000	84	0.006	-0.032	941.85	0.000	151	0.021	0.006	999.78	0.000
18	0.076	0.027	660.85	0.000	85	0.016	0.011	942.54	0.000	152	0.013	0.006	1000.3	0.000
19	0.082	0.033	678.86	0.000	86	0.062	0.037	953.14	0.000	153	0.032	0.028	1003.1	0.000
20	0.063	0.001	689.58	0.000	87	0.013	-0.023	953.6	0.000	154	0.022	-0.012	1004.5	0.000
21	0.071	0.027	703.29	0.000	88	0.008	-0.012	953.76	0.000	155	0.023	0.016	1006	0.000
22	0.025	-0.039	704.94	0.000	89	0.043	0.026	958.9	0.000	156	0.033	0.012	1009	0.000
23	0.044	0.025	710.06	0.000	90	0.03	0.014	961.44	0.000	157	0.027	0.012	1011.1	0.000
24	0.066	0.014	721.83	0.000	91	0.011	-0.021	961.79	0.000	158	0.062	0.042	1022	0.000
25	0.03	-0.008	724.3	0.000	92	0.028	0.009	964	0.000	159	0.02	-0.019	1023.1	0.000
26	0.058	0.021	733.36	0.000	93	0.012	-0.009	964.4	0.000	160	0.02	0.009	1024.3	0.000
27	0.032	-0.019	736.12	0.000	94	0.017	0.007	965.16	0.000	161	0.015	-0.022	1024.9	0.000
28	0.058	0.045	745.16	0.000	95	0.046	0.02	971.02	0.000	162	0.018	0.022	1025.8	0.000
29	0.041	-0.024	749.8	0.000	96	0.011	-0.012	971.38	0.000	163	0.012	-0.021	1026.2	0.000
30	0.05	0.036	756.54	0.000	97	0.005	-0.012	971.44	0.000	164	0.029	0.022	1028.6	0.000
31	0.069	0.017	769.37	0.000	98	0.011	-0.011	971.78	0.000	165	0.02	-0.013	1029.8	0.000
32	0.061	0.025	779.43	0.000	99	0.013	0.01	972.22	0.000	166	0.007	0.003	1029.9	0.000
33	0.044	-0.01	784.63	0.000	100	0.019	-0.009	973.24	0.000	167	0.033	0.008	1032.9	0.000
34	0.031	-0.003	787.25	0.000	101	0.011	-0.005	973.56	0.000	168	0.043	0.03	1038.3	0.000
35	0.032	-0.001	790.04	0.000	102	0.011	0.001	973.87	0.000	169	0.002	-0.034	1038.3	0.000
36	0.033	0	793.03	0.000	103	0.001	-0.012	973.88	0.000	170	0.022	0.015	1039.6	0.000
37	0.053	0.023	800.54	0.000	104	0.017	0.005	974.7	0.000	171	0.042	0.024	1044.7	0.000
38	0.035	-0.01	803.84	0.000	105	-0.006	-0.022	974.79	0.000	172	0.01	-0.024	1045	0.000
39	0.031	0.005	806.37	0.000	106	0.013	0.021	975.29	0.000	173	0.018	0.005	1045.9	0.000
40	0.041	0.002	811	0.000	107	0.011	-0.018	975.6	0.000	174	0.007	-0.019	1046.1	0.000
41	0.023	-0.003	812.43	0.000	108	-0.001	0.007	975.6	0.000	175	0.013	0.015	1046.5	0.000
42	0.027	0	814.46	0.000	109	0.012	-0.006	975.98	0.000	176	0.021	-0.012	1047.8	0.000
43	0.02	-0.012	815.5	0.000	110	0.004	0.001	976.02	0.000	177	0.007	-0.009	1047.9	0.000
44	0.019	0.003	816.51	0.000	111	0.005	-0.008	976.07	0.000	178	0.015	0.01	1048.6	0.000
45	0.021	-0.009	817.66	0.000	112	0.005	-0.004	976.13	0.000	179	0.011	-0.013	1048.9	0.000
46	0.036	0.027	821.21	0.000	113	0.005	0.003	976.21	0.000	180	0.003	0.002	1048.9	0.000
47	0.038	0.003	825.05	0.000	114	0.007	-0.004	976.33	0.000	181	0.037	0.025	1052.8	0.000
48	0.018	-0.005	825.94	0.000	115	0.006	0.002	976.44	0.000	182	0.025	0.006	1054.5	0.000
49	0.052	0.028	833.23	0.000	116	-0.001	-0.013	976.44	0.000	183	0.01	-0.006	1054.8	0.000
50	0.086	0.06	853.54	0.000	117	0.004	0.011	976.49	0.000	184	0.029	0.009	1057.2	0.000
51	0.048	-0.003	859.82	0.000	118	0.022	0.008	977.86	0.000	185	0.007	-0.013	1057.3	0.000
52	0.019	-0.024	860.8	0.000	119	0.007	-0.007	978	0.000	186	0.029	0.023	1059.7	0.000
53	0.019	-0.003	861.76	0.000	120	0.009	0.008	978.21	0.000	187	0.033	0.006	1062.9	0.000
54	0.065	0.053	873.14	0.000	121	0.018	0.01	979.1	0.000	188	0.003	-0.013	1062.9	0.000
55	0.041	-0.01	877.72	0.000	122	0.011	0.004	979.46	0.000	189	0.018	0.008	1063.8	0.000
56	0.024	-0.009	879.35	0.000	123	0.032	0.014	982.33	0.000	190	0.019	-0.009	1064.8	0.000
57	0.039	0.01	883.46	0.000	124	0.005	-0.009	982.39	0.000	191	0.011	0.012	1065.1	0.000
58	0.011	-0.023	883.79	0.000	125	0.011	0.009	982.76	0.000	192	0.023	-0.002	1066.7	0.000
59	0.014	-0.007	884.3	0.000	126	0.003	-0.023	982.79	0.000	193	0.001	-0.007	1066.7	0.000
60	0.027	0.005	886.31	0.000	127	0.015	0.024	983.39	0.000	194	0.016	0.011	1067.5	0.000
61	0.036	0.022	889.76	0.000	128	0.007	-0.013	983.51	0.000	195	0.028	0.005	1069.8	0.000
62	0.05	0.018	896.73	0.000	129	-0.008	-0.01	983.68	0.000	196	0.023	0.01	1071.4	0.000
63	0.038	-0.005	900.59	0.000	130	0.027	0.021	985.77	0.000	197	0.042	0.028	1076.5	0.000
64	0.024	0.004	902.17	0.000	131	0.008	-0.003	985.94	0.000	198	0.007	-0.028	1076.7	0.000
65	0.026	-0.001	904.08	0.000	132	0	-0.013	985.94	0.000	199	-0.002	-0.015	1076.7	0.000
66	0.019	-0.008	905.02	0.000	133	0.011	0	986.29	0.000	200	0.024	0.018	1078.3	0.000
67	0.018	-0.004	905.92	0.000	134	-0.008	-0.008	986.47	0.000					

Nota: F.A. es la función de autocorrelación y F.A.P. es la función de autocorrelación parcial. Correlograma en niveles (200 rezagos). Estimaciones en Eviews 4.1

CUADRO ANEXO 4. CORRELOGRAMA DE LOS RESIDUOS CUADRADOS ESTANDARIZADOS DEL MODELO GARCH (1, 1)

Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.
1	0.038	0.038	3.8498		68	0.014	0.013	71.814	0.162	135	-0.003	0.008	128.11	0.481
2	0.053	0.051	11.272		69	0.022	0.023	73.107	0.158	136	0.028	0.016	130.26	0.452
3	0.029	0.025	13.455		70	-0.03	-0.032	75.568	0.133	137	0.002	-0.005	130.27	0.477
4	-0.038	-0.043	17.416		71	-0.007	0	75.697	0.150	138	-0.015	-0.008	130.91	0.486
5	-0.023	-0.023	18.785		72	0.03	0.034	78.104	0.128	139	-0.009	-0.008	131.13	0.505
6	0.024	0.03	20.369		73	0	0.008	78.104	0.146	140	0.034	0.035	134.46	0.448
7	-0.017	-0.014	21.113		74	0.008	0.002	78.3	0.163	141	-0.011	-0.01	134.83	0.464
8	-0.022	-0.025	22.459	0.000	75	0.006	0.002	78.385	0.183	142	0.007	0.001	134.97	0.485
9	-0.017	-0.017	23.228	0.000	76	0.003	0.013	78.413	0.205	143	-0.012	-0.019	135.39	0.499
10	-0.029	-0.023	25.515	0.000	77	-0.02	-0.015	79.473	0.205	144	-0.004	0	135.43	0.522
11	-0.031	-0.026	28.031	0.000	78	0.001	0.002	79.478	0.230	145	-0.004	0.001	135.47	0.545
12	-0.018	-0.016	28.883	0.000	79	0.034	0.04	82.649	0.184	146	0.019	0.016	136.46	0.545
13	-0.012	-0.009	29.299	0.000	80	0.013	0.017	83.107	0.196	147	-0.009	-0.005	136.68	0.564
14	-0.004	-0.002	29.338	0.000	81	-0.01	-0.016	83.378	0.213	148	0.015	0.015	137.31	0.572
15	-0.025	-0.022	31.029	0.000	82	0.037	0.034	87.19	0.159	149	-0.001	-0.002	137.31	0.595
16	-0.042	-0.042	35.654	0.000	83	0.024	0.036	88.777	0.150	150	-0.012	-0.016	137.72	0.609
17	-0.012	-0.008	36.036	0.000	84	-0.031	-0.033	91.393	0.126	151	0.018	0.018	138.64	0.610
18	0.007	0.012	36.173	0.000	85	0.014	0.011	91.902	0.134	152	-0.028	-0.021	140.86	0.582
19	0.009	0.008	36.411	0.000	86	0.009	0.011	92.104	0.149	153	0.008	0.009	141.03	0.601
20	0.005	-0.004	36.466	0.001	87	-0.019	-0.014	93.109	0.150	154	0.012	0.006	141.46	0.613
21	-0.014	-0.02	36.991	0.001	88	-0.002	-0.001	93.116	0.169	155	-0.001	-0.005	141.46	0.636
22	-0.005	-0.005	37.071	0.001	89	0.034	0.037	96.237	0.135	156	0.019	0.024	142.48	0.635
23	-0.015	-0.015	37.665	0.002	90	0.002	0.014	96.244	0.152	157	0.013	0.009	142.95	0.646
24	0.007	0.006	37.797	0.003	91	0.007	0.001	96.388	0.168	158	0.04	0.036	147.42	0.567
25	-0.003	-0.007	37.825	0.004	92	-0.007	-0.012	96.537	0.184	159	-0.009	-0.007	147.64	0.585
26	-0.016	-0.021	38.532	0.005	93	-0.018	-0.006	97.413	0.188	160	0.008	0.004	147.83	0.603
27	-0.012	-0.015	38.939	0.007	94	0.004	0.005	97.468	0.208	161	-0.008	-0.013	147.99	0.621
28	0.011	0.012	39.24	0.009	95	0.027	0.039	99.526	0.189	162	0.011	0.013	148.31	0.636
29	-0.024	-0.023	40.748	0.009	96	0	-0.002	99.526	0.209	163	0.015	0.02	148.94	0.644
30	0.012	0.01	41.151	0.011	97	-0.019	-0.026	100.49	0.211	164	0.001	-0.006	148.94	0.665
31	-0.004	-0.007	41.186	0.016	98	-0.01	-0.003	100.78	0.227	165	-0.001	-0.007	148.95	0.685
32	0.017	0.015	41.963	0.018	99	0.005	0.012	100.84	0.248	166	0.001	0.016	148.95	0.705
33	-0.008	-0.013	42.132	0.024	100	0.009	0.015	101.07	0.266	167	0.006	0.004	149.05	0.722
34	0.004	0.002	42.185	0.032	101	-0.006	-0.014	101.19	0.288	168	0.014	0.002	149.57	0.731
35	-0.013	-0.012	42.612	0.038	102	-0.002	0.001	101.19	0.313	169	-0.017	-0.006	150.38	0.734
36	-0.007	-0.008	42.743	0.048	103	-0.006	0	101.3	0.336	170	0.003	0.003	150.4	0.752
37	0.007	0.005	42.877	0.060	104	0.01	0.006	101.59	0.355	171	0.002	0.009	150.42	0.769
38	0.002	-0.001	42.892	0.076	105	-0.03	-0.024	104.06	0.319	172	-0.009	-0.012	150.65	0.781
39	-0.001	-0.003	42.894	0.095	106	0.007	0.009	104.19	0.341	173	-0.019	-0.015	151.66	0.781
40	0.02	0.019	43.974	0.096	107	-0.007	-0.003	104.31	0.364	174	-0.007	-0.005	151.78	0.795
41	-0.009	-0.011	44.212	0.113	108	-0.008	-0.011	104.51	0.386	175	0.001	0.002	151.79	0.810
42	0.027	0.025	46.236	0.097	109	-0.002	-0.005	104.52	0.412	176	-0.014	0.000	152.37	0.816
43	-0.007	-0.011	46.371	0.115	110	-0.003	0.002	104.54	0.439	177	0.007	0.000	152.51	0.828
44	0.035	0.034	49.666	0.080	111	0.017	0.016	105.34	0.445	178	0.032	0.025	155.46	0.797
45	-0.004	-0.008	49.708	0.097	112	0.002	0.002	105.35	0.472	179	0.009	0.019	155.68	0.809
46	-0.008	-0.011	49.87	0.114	113	0.011	0.002	105.66	0.491	180	-0.018	-0.030	156.64	0.809
47	0.04	0.041	54.168	0.067	114	0.002	-0.003	105.67	0.518	181	0.017	0.019	157.52	0.810
48	-0.018	-0.018	55.001	0.071	115	-0.015	-0.013	106.27	0.529	182	0.001	0.003	157.52	0.824
49	0.003	0.002	55.021	0.086	116	-0.01	-0.014	106.55	0.548	183	0.021	0.031	158.76	0.820
50	0.045	0.042	60.437	0.041	117	0.005	0.012	106.64	0.573	184	0.029	0.021	161.14	0.798
51	-0.009	-0.007	60.659	0.048	118	0.035	0.034	109.96	0.510	185	-0.011	-0.024	161.48	0.807
52	-0.005	-0.007	60.714	0.059	119	-0.004	-0.018	110.01	0.536	186	0.000	0.000	161.48	0.822
53	-0.015	-0.016	61.299	0.065	120	0	-0.001	110.01	0.562	187	0.002	0.007	161.49	0.835
54	0.028	0.039	63.457	0.055	121	0	-0.001	110.01	0.588	188	-0.015	-0.005	162.16	0.839
55	0.01	0.015	63.711	0.064	122	0.008	0.007	110.18	0.610	189	-0.003	-0.005	162.19	0.852
56	-0.019	-0.026	64.676	0.066	123	0.062	0.056	120.8	0.361	190	0.005	-0.005	162.25	0.863
57	0.02	0.023	65.811	0.066	124	0.01	0.007	121.08	0.379	191	-0.003	0.003	162.28	0.874
58	-0.01	-0.004	66.065	0.076	125	0.014	0.009	121.64	0.391	192	0.017	0.016	163.08	0.876
59	-0.009	-0.003	66.294	0.088	126	-0.006	-0.02	121.74	0.413	193	-0.013	-0.007	163.58	0.881
60	-0.002	-0.002	66.309	0.104	127	-0.004	0.003	121.8	0.437	194	-0.005	0.002	163.64	0.890
61	0.017	0.022	67.133	0.108	128	0.005	0.015	121.88	0.460	195	0.021	0.019	164.93	0.886
62	0.009	0.011	67.344	0.123	129	-0.04	-0.051	126.27	0.377	196	-0.001	-0.001	164.93	0.896
63	-0.013	-0.014	67.836	0.133	130	0.012	0.012	126.7	0.391	197	0.045	0.041	170.64	0.840
64	0.028	0.027	70.024	0.115	131	0.014	0.027	127.25	0.402	198	0.01	0.003	170.93	0.849
65	-0.014	-0.008	70.593	0.124	132	-0.016	-0.02	127.99	0.409	199	-0.026	-0.024	172.84	0.836
66	0.009	0.014	70.81	0.139	133	0.003	-0.006	128.03	0.433	200	0.006	0.002	172.95	0.847
67	0.013	0.013	71.262	0.152	134	-0.004	0.007	128.08	0.456					

Nota: F.A. es la función de autocorrelación y F.A.P. es la función de autocorrelación parcial. Correlograma en niveles (200 rezagos). Estimaciones en Eviews 4.1

CUADRO ANEXO 5. CORRELOGRAMA DE LOS RESIDUOS CUADRADOS ESTANDARIZADOS DEL MODELO GARCH-M (1, 1)

Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.
1	0.036	0.036	3.4484		68	0.012	0.012	67.355	0.269	135	-0.005	0.006	129.16	0.455
2	0.049	0.048	9.8479		69	0.02	0.022	68.475	0.267	136	0.027	0.016	131.22	0.429
3	0.027	0.023	11.761		70	-0.032	-0.034	71.201	0.224	137	0.003	-0.001	131.25	0.453
4	-0.036	-0.041	15.311		71	-0.007	0.000	71.336	0.247	138	-0.013	-0.007	131.73	0.466
5	-0.025	-0.025	16.929		72	0.029	0.033	73.658	0.216	139	-0.01	-0.010	132.03	0.483
6	0.027	0.032	18.905		73	0.001	0.009	73.662	0.242	140	0.034	0.036	135.34	0.427
7	-0.017	-0.015	19.709		74	0.009	0.003	73.905	0.263	141	-0.012	-0.012	135.74	0.442
8	-0.02	-0.022	20.753	0.00	75	0.005	0.002	73.975	0.289	142	0.006	0.002	135.85	0.463
9	-0.019	-0.019	21.686	0.00	76	0.001	0.010	73.975	0.319	143	-0.009	-0.015	136.08	0.482
10	-0.028	-0.022	23.786	0.00	77	-0.021	-0.017	75.203	0.314	144	-0.004	0.000	136.12	0.505
11	-0.03	-0.025	26.148	0.00	78	-0.002	0.000	75.211	0.344	145	-0.005	-0.002	136.2	0.527
12	-0.014	-0.013	26.704	0.00	79	0.034	0.041	78.471	0.281	146	0.015	0.012	136.85	0.536
13	-0.015	-0.012	27.31	0.00	80	0.013	0.016	78.95	0.296	147	-0.008	-0.002	137.05	0.555
14	-0.006	-0.005	27.414	0.00	81	-0.009	-0.015	79.187	0.319	148	0.018	0.017	137.94	0.557
15	-0.02	-0.021	28.521	0.00	82	0.041	0.037	83.796	0.228	149	-0.004	-0.004	137.98	0.580
16	-0.039	-0.039	32.708	0.00	83	0.027	0.038	85.787	0.207	150	-0.013	-0.018	138.49	0.591
17	-0.01	-0.007	32.985	0.00	84	-0.03	-0.033	88.268	0.179	151	0.016	0.016	139.24	0.597
18	0.011	0.014	33.327	0.00	85	0.011	0.009	88.631	0.193	152	-0.031	-0.023	141.93	0.557
19	0.006	0.005	33.435	0.00	86	0.011	0.013	88.967	0.208	153	0.01	0.013	142.2	0.574
20	0.004	-0.003	33.487	0.00	87	-0.018	-0.013	89.88	0.211	154	0.011	0.005	142.57	0.588
21	-0.015	-0.02	34.071	0.00	88	-0.001	0.001	89.882	0.234	155	-0.001	-0.006	142.57	0.610
22	-0.008	-0.008	34.265	0.00	89	0.037	0.039	93.611	0.179	156	0.017	0.021	143.39	0.614
23	-0.013	-0.013	34.701	0.00	90	0.001	0.013	93.612	0.2	157	0.017	0.014	144.21	0.618
24	0.006	0.005	34.801	0.007	91	0.01	0.004	93.868	0.216	158	0.038	0.034	148.36	0.546
25	-0.004	-0.007	34.837	0.01	92	-0.012	-0.016	94.258	0.231	159	-0.009	-0.007	148.59	0.563
26	-0.014	-0.018	35.347	0.013	93	-0.02	-0.009	95.369	0.23	160	0.008	0.003	148.75	0.582
27	-0.008	-0.01	35.525	0.017	94	0.006	0.006	95.456	0.251	161	-0.008	-0.013	148.93	0.600
28	0.012	0.012	35.884	0.023	95	0.027	0.039	97.435	0.231	162	0.009	0.009	149.16	0.617
29	-0.023	-0.024	37.372	0.022	96	-0.001	-0.003	97.437	0.254	163	0.015	0.018	149.77	0.625
30	0.013	0.01	37.805	0.027	97	-0.021	-0.029	98.676	0.249	164	0.004	-0.001	149.82	0.646
31	-0.006	-0.009	37.896	0.036	98	-0.011	-0.003	99.041	0.265	165	-0.002	-0.008	149.83	0.666
32	0.02	0.019	39.002	0.037	99	0.004	0.011	99.078	0.288	166	0.003	0.016	149.85	0.686
33	-0.009	-0.013	39.216	0.046	100	0.005	0.01	99.146	0.312	167	0.005	0.003	149.91	0.705
34	0.002	-0.001	39.228	0.06	101	-0.006	-0.014	99.261	0.335	168	0.014	0.002	150.47	0.713
35	-0.011	-0.01	39.573	0.072	102	-0.003	0.001	99.285	0.361	169	-0.016	-0.006	151.22	0.718
36	-0.003	-0.004	39.602	0.091	103	-0.007	-0.002	99.412	0.385	170	0.002	0.003	151.23	0.736
37	0.01	0.009	39.881	0.107	104	0.012	0.007	99.789	0.403	171	-0.002	0.005	151.24	0.754
38	0.001	-0.003	39.885	0.132	105	-0.03	-0.024	102.37	0.361	172	-0.01	-0.014	151.52	0.766
39	0.002	0	39.891	0.159	106	0.009	0.009	102.6	0.382	173	-0.019	-0.015	152.54	0.765
40	0.016	0.015	40.576	0.171	107	-0.004	-0.002	102.65	0.408	174	-0.003	-0.001	152.56	0.781
41	-0.009	-0.01	40.807	0.196	108	-0.008	-0.011	102.84	0.43	175	0.002	0.003	152.58	0.797
42	0.024	0.022	42.409	0.182	109	-0.002	-0.006	102.85	0.458	176	-0.016	-0.004	153.31	0.801
43	-0.006	-0.009	42.508	0.211	110	-0.001	0.003	102.86	0.485	177	0.011	0.003	153.66	0.81
44	0.035	0.035	45.86	0.151	111	0.018	0.017	103.79	0.487	178	0.034	0.028	156.88	0.773
45	-0.003	-0.007	45.889	0.178	112	0.002	0.001	103.8	0.515	179	0.011	0.021	157.2	0.784
46	-0.006	-0.009	45.982	0.205	113	0.012	0.003	104.19	0.532	180	-0.015	-0.027	157.81	0.79
47	0.037	0.039	49.708	0.14	114	0.003	-0.002	104.22	0.558	181	0.016	0.017	158.55	0.793
48	-0.02	-0.02	50.806	0.14	115	-0.01	-0.009	104.52	0.577	182	0.003	0.006	158.57	0.808
49	0.003	0.004	50.833	0.165	116	-0.009	-0.013	104.73	0.598	183	0.021	0.030	159.85	0.803
50	0.045	0.042	56.321	0.084	117	0.007	0.013	104.86	0.621	184	0.033	0.025	162.92	0.768
51	-0.012	-0.010	56.732	0.094	118	0.04	0.038	109.27	0.529	185	-0.01	-0.024	163.21	0.78
52	0.000	-0.002	56.732	0.113	119	-0.005	-0.019	109.34	0.554	186	-0.003	-0.004	163.23	0.795
53	-0.014	-0.015	57.277	0.123	120	-0.004	-0.003	109.38	0.579	187	0.002	0.006	163.24	0.81
54	0.029	0.040	59.638	0.102	121	0.003	0.001	109.4	0.604	188	-0.013	0.000	163.7	0.817
55	0.008	0.012	59.815	0.118	122	0.015	0.016	110.05	0.613	189	0.002	0.001	163.72	0.831
56	-0.017	-0.024	60.649	0.123	123	0.062	0.057	120.82	0.361	190	0.006	-0.007	163.82	0.842
57	0.022	0.025	62.012	0.119	124	0.012	0.008	121.24	0.375	191	-0.006	0.001	163.93	0.854
58	-0.011	-0.006	62.347	0.133	125	0.015	0.01	121.89	0.385	192	0.018	0.019	164.89	0.853
59	-0.006	0.000	62.444	0.152	126	-0.005	-0.018	121.97	0.407	193	-0.014	-0.008	165.43	0.859
60	-0.006	-0.006	62.542	0.174	127	-0.004	0.003	122.02	0.431	194	-0.004	0.001	165.47	0.87
61	0.016	0.021	63.236	0.182	128	0.004	0.013	122.06	0.456	195	0.018	0.016	166.42	0.869
62	0.01	0.013	63.521	0.201	129	-0.042	-0.053	127.06	0.359	196	-0.002	0.000	166.43	0.88
63	-0.011	-0.011	63.828	0.221	130	0.011	0.013	127.41	0.374	197	0.047	0.042	172.72	0.811
64	0.028	0.027	65.996	0.194	131	0.015	0.028	128.07	0.383	198	0.01	0.004	173.03	0.82
65	-0.011	-0.006	66.313	0.212	132	-0.017	-0.019	128.86	0.388	199	-0.028	-0.026	175.36	0.8
66	0.007	0.012	66.435	0.236	133	0.003	-0.005	128.89	0.412	200	0.008	0.005	175.55	0.811
67	0.014	0.013	66.94	0.251	134	-0.008	0.003	129.08	0.432					

Nota: F.A. es la función de autocorrelación y F.A.P. es la función de autocorrelación parcial. Correlograma en niveles (200 rezagos). Estimaciones en Eviews 4.1

CUADRO ANEXO 6. CORRELOGRAMA DE LOS RESIDUOS CUADRADOS ESTANDARIZADOS DEL MODELO TGARCH (1, 1)

Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.
1	0.019	0.019	0.9571	68	0.01	0.01	61.556	0.456	135	-0.001	0.014	138.16	0.254	
2	0.029	0.029	3.2708	69	0.03	0.032	64.083	0.403	136	0.037	0.026	141.94	0.206	
3	0.023	0.022	4.7042	70	-0.03	-0.032	66.529	0.357	137	0.002	-0.001	141.95	0.223	
4	-0.036	-0.037	8.0759	71	-0.01	-0.004	66.807	0.381	138	-0.013	-0.004	142.4	0.234	
5	-0.014	-0.014	8.5816	72	0.03	0.031	69.252	0.336	139	-0.003	0.003	142.43	0.253	
6	0.042	0.044	13.333	73	-0.003	0.006	69.27	0.368	140	0.048	0.053	148.79	0.165	
7	-0.015	-0.015	13.973	74	0.003	-0.002	69.296	0.400	141	-0.015	-0.014	149.41	0.172	
8	-0.016	-0.019	14.631	0.000	75	0.006	0.002	69.408	0.430	142	0.002	-0.005	149.42	0.187
9	-0.019	-0.021	15.63	0.000	76	0.004	0.011	69.444	0.462	143	-0.005	-0.010	149.5	0.202
10	-0.025	-0.020	17.362	0.001	77	-0.018	-0.014	70.38	0.465	144	-0.004	0.002	149.53	0.219
11	-0.027	-0.024	19.287	0.001	78	0.002	0.002	70.393	0.498	145	-0.001	0.002	149.54	0.237
12	-0.011	-0.011	19.586	0.001	79	0.044	0.048	75.775	0.358	146	0.006	0.000	149.64	0.254
13	-0.009	-0.006	19.78	0.003	80	0.005	0.008	75.855	0.387	147	0.006	0.014	149.74	0.271
14	-0.005	-0.004	19.846	0.006	81	-0.011	-0.016	76.171	0.408	148	0.018	0.020	150.61	0.275
15	-0.019	-0.019	20.804	0.008	82	0.037	0.032	79.941	0.327	149	-0.004	-0.002	150.66	0.293
16	-0.042	-0.042	25.646	0.002	83	0.018	0.03	80.845	0.330	150	-0.012	-0.014	151.06	0.306
17	-0.018	-0.015	26.525	0.003	84	-0.041	-0.042	85.398	0.240	151	0.019	0.021	152.09	0.306
18	0.016	0.019	27.209	0.004	85	0.016	0.01	86.075	0.249	152	-0.032	-0.027	154.94	0.271
19	0.010	0.010	27.501	0.007	86	-0.004	-0.003	86.122	0.273	153	0.008	0.010	155.11	0.287
20	0.006	0.000	27.596	0.010	87	-0.024	-0.022	87.697	0.260	154	0.019	0.013	156.1	0.288
21	-0.007	-0.011	27.72	0.015	88	-0.008	-0.01	87.862	0.282	155	0.000	0.000	156.1	0.308
22	-0.001	0.001	27.725	0.023	89	0.034	0.036	91.125	0.230	156	0.010	0.014	156.36	0.323
23	-0.013	-0.013	28.205	0.030	90	-0.001	0.009	91.13	0.254	157	0.015	0.009	157.02	0.331
24	0.020	0.017	29.283	0.032	91	0.002	-0.006	91.142	0.279	158	0.035	0.030	160.41	0.285
25	0.000	-0.004	29.283	0.045	92	-0.019	-0.021	92.096	0.281	159	-0.011	-0.006	160.74	0.298
26	-0.004	-0.007	29.319	0.061	93	-0.023	-0.016	93.565	0.271	160	0.013	0.009	161.24	0.308
27	-0.003	-0.006	29.347	0.081	94	0.004	0.004	93.601	0.295	161	-0.002	-0.005	161.25	0.328
28	0.020	0.020	30.38	0.085	95	0.037	0.044	97.355	0.232	162	0.008	0.007	161.41	0.346
29	-0.019	-0.018	31.393	0.088	96	0.006	0.001	97.471	0.253	163	0.018	0.022	162.34	0.348
30	0.020	0.017	32.48	0.091	97	-0.015	-0.026	98.112	0.262	164	0.009	0.000	162.56	0.364
31	-0.013	-0.016	32.971	0.105	98	-0.006	-0.004	98.223	0.284	165	0.005	0.000	162.62	0.384
32	0.023	0.023	34.458	0.098	99	0.002	0.006	98.235	0.309	166	0.012	0.020	163.01	0.397
33	-0.008	-0.011	34.65	0.119	100	0.009	0.009	98.46	0.329	167	0.023	0.018	164.51	0.387
34	0.008	0.008	34.822	0.143	101	0.003	-0.011	98.478	0.356	168	0.014	-0.001	165.09	0.396
35	-0.002	0.001	34.831	0.175	102	0.011	0.012	98.786	0.375	169	-0.006	0.000	165.18	0.416
36	-0.001	-0.002	34.837	0.210	103	-0.001	-0.003	98.791	0.402	170	0.001	-0.001	165.18	0.437
37	0.006	0.007	34.945	0.245	104	0.015	0.008	99.391	0.414	171	-0.001	0.009	165.19	0.459
38	0.001	-0.002	34.948	0.286	105	-0.032	-0.027	102.23	0.365	172	-0.002	-0.004	165.2	0.481
39	-0.002	-0.001	34.961	0.329	106	0.002	0.002	102.24	0.392	173	-0.005	0.000	165.26	0.502
40	0.016	0.016	35.626	0.346	107	-0.006	-0.009	102.36	0.416	174	-0.006	-0.007	165.37	0.521
41	-0.004	-0.003	35.673	0.390	108	-0.007	-0.013	102.51	0.439	175	-0.004	-0.006	165.41	0.542
42	0.030	0.029	38.08	0.331	109	-0.004	-0.011	102.56	0.466	176	-0.013	-0.002	165.87	0.554
43	0.008	0.007	38.272	0.367	110	0.002	0.006	102.58	0.493	177	0.017	0.011	166.67	0.558
44	0.037	0.038	42.061	0.261	111	0.012	0.011	102.94	0.511	178	0.029	0.023	169.1	0.527
45	0.003	0.001	42.091	0.298	112	0.007	0.009	103.07	0.535	179	0.015	0.019	169.74	0.534
46	0.002	0.000	42.1	0.338	113	0.022	0.012	104.37	0.526	180	-0.025	-0.038	171.51	0.518
47	0.031	0.033	44.685	0.281	114	0.004	0.000	104.41	0.553	181	0.020	0.019	172.63	0.515
48	-0.020	-0.020	45.743	0.282	115	-0.003	-0.007	104.44	0.579	182	0.002	0.004	172.64	0.536
49	-0.004	-0.002	45.785	0.318	116	-0.012	-0.017	104.85	0.595	183	0.022	0.031	174.02	0.528
50	0.030	0.029	48.312	0.267	117	0.009	0.013	105.06	0.615	184	0.023	0.012	175.54	0.517
51	-0.012	-0.005	48.69	0.290	118	0.039	0.038	109.27	0.529	185	-0.015	-0.029	176.19	0.524
52	-0.003	-0.003	48.714	0.326	119	-0.002	-0.016	109.29	0.555	186	0.006	0.005	176.28	0.543
53	-0.014	-0.013	49.259	0.344	120	0.003	0.004	109.31	0.581	187	-0.008	-0.010	176.47	0.560
54	0.034	0.042	52.326	0.275	121	0.001	-0.002	109.31	0.607	188	-0.018	-0.005	177.41	0.562
55	0.009	0.014	52.568	0.302	122	0.024	0.025	110.94	0.590	189	0.000	-0.005	177.41	0.582
56	-0.009	-0.013	52.79	0.330	123	0.082	0.076	129.89	0.179	190	0.005	-0.009	177.47	0.602
57	0.028	0.031	54.928	0.293	124	0.019	0.017	130.95	0.178	191	0.000	0.000	177.47	0.622
58	-0.002	0.002	54.94	0.328	125	0.023	0.016	132.41	0.172	192	0.029	0.022	179.93	0.592
59	-0.008	-0.002	55.129	0.357	126	0.002	-0.009	132.43	0.189	193	-0.015	-0.010	180.57	0.599
60	-0.011	-0.015	55.484	0.381	127	-0.011	0.000	132.76	0.201	194	-0.011	-0.009	180.9	0.612
61	0.026	0.032	57.321	0.353	128	0.011	0.020	133.08	0.213	195	0.014	0.011	181.47	0.620
62	0.013	0.014	57.749	0.374	129	-0.035	-0.044	136.49	0.175	196	-0.002	0.002	181.47	0.640
63	-0.003	-0.003	57.769	0.410	130	0.015	0.017	137.15	0.181	197	0.041	0.027	186.37	0.561
64	0.028	0.025	59.879	0.372	131	0.015	0.026	137.75	0.188	198	0.010	0.003	186.66	0.575
65	-0.013	-0.009	60.334	0.391	132	-0.011	-0.010	138.1	0.200	199	-0.029	-0.025	189.02	0.547
66	0.006	0.012	60.447	0.423	133	0.003	0.000	138.12	0.217	200	0.012	0.010	189.46	0.559
67	0.017	0.017	61.268	0.430	134	-0.003	0.010	138.16	0.235					

Nota: F.A. es la función de autocorrelación y F.A.P. es la función de autocorrelación parcial. Correlograma en niveles (200 rezagos). Estimaciones en Eviews 4.1

CUADRO ANEXO 7. CORRELOGRAMA DE LOS RESIDUOS CUADRADOS ESTANDARIZADOS DEL MODELO TGARCH-M (1, 1)

Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.
1	0.019	0.019	0.9338	68	0.012	0.012	58.283	0.575	135	-0.001	0.014	141.87	0.190	
2	0.024	0.024	2.4596	69	0.031	0.033	60.921	0.515	136	0.035	0.025	145.22	0.156	
3	0.022	0.021	3.7833	70	-0.029	-0.031	63.231	0.468	137	0.003	0.002	145.25	0.170	
4	-0.035	-0.037	7.0867	71	-0.008	-0.001	63.389	0.498	138	-0.013	-0.003	145.72	0.179	
5	-0.013	-0.013	7.5238	72	0.032	0.033	66.217	0.435	139	-0.004	0.002	145.77	0.195	
6	0.041	0.043	12.019	73	-0.002	0.005	66.232	0.469	140	0.046	0.051	151.72	0.127	
7	-0.015	-0.014	12.607	74	0.004	-0.002	66.267	0.502	141	-0.015	-0.014	152.35	0.133	
8	-0.015	-0.017	13.179	0.000	75	0.006	0.002	66.358	0.534	142	0.001	-0.004	152.36	0.146
9	-0.019	-0.021	14.147	0.001	76	0.004	0.011	66.398	0.566	143	-0.005	-0.01	152.42	0.159
10	-0.025	-0.02	15.87	0.001	77	-0.02	-0.016	67.495	0.563	144	-0.004	0.002	152.47	0.173
11	-0.026	-0.023	17.645	0.001	78	0	0	67.496	0.596	145	-0.002	0.001	152.49	0.189
12	-0.009	-0.01	17.886	0.003	79	0.043	0.047	72.584	0.459	146	0.004	-0.002	152.53	0.204
13	-0.01	-0.008	18.148	0.006	80	0.004	0.007	72.623	0.490	147	0.007	0.014	152.67	0.219
14	-0.004	-0.004	18.197	0.011	81	-0.01	-0.014	72.885	0.515	148	0.018	0.02	153.57	0.222
15	-0.016	-0.016	18.877	0.016	82	0.035	0.03	76.27	0.437	149	-0.004	-0.001	153.61	0.239
16	-0.039	-0.039	22.995	0.006	83	0.018	0.03	77.131	0.442	150	-0.013	-0.016	154.06	0.249
17	-0.015	-0.013	23.601	0.009	84	-0.04	-0.042	81.587	0.339	151	0.018	0.019	154.93	0.252
18	0.016	0.018	24.313	0.011	85	0.015	0.011	82.203	0.351	152	-0.033	-0.029	157.96	0.218
19	0.009	0.009	24.542	0.017	86	-0.002	-0.002	82.219	0.380	153	0.008	0.01	158.15	0.232
20	0.007	0.002	24.677	0.025	87	-0.025	-0.023	83.897	0.361	154	0.018	0.011	159.03	0.235
21	-0.006	-0.01	24.772	0.037	88	-0.006	-0.008	84.001	0.388	155	-0.001	-0.003	159.03	0.253
22	-0.003	-0.001	24.791	0.053	89	0.037	0.037	87.7	0.313	156	0.008	0.012	159.23	0.268
23	-0.013	-0.013	25.224	0.066	90	0.001	0.01	87.701	0.341	157	0.016	0.01	159.98	0.274
24	0.019	0.016	26.204	0.071	91	0.003	-0.004	87.731	0.369	158	0.033	0.028	163.01	0.238
25	0	-0.003	26.204	0.095	92	-0.017	-0.02	88.568	0.374	159	-0.011	-0.007	163.37	0.250
26	-0.004	-0.008	26.254	0.123	93	-0.022	-0.015	89.882	0.366	160	0.012	0.008	163.79	0.261
27	0	-0.002	26.254	0.158	94	0.004	0.003	89.926	0.394	161	-0.003	-0.007	163.82	0.279
28	0.02	0.021	27.314	0.161	95	0.037	0.043	93.655	0.320	162	0.007	0.006	163.95	0.296
29	-0.019	-0.019	28.337	0.165	96	0.007	0.001	93.774	0.344	163	0.019	0.022	165.01	0.295
30	0.019	0.016	29.31	0.170	97	-0.015	-0.025	94.42	0.354	164	0.01	0.001	165.32	0.309
31	-0.014	-0.016	29.857	0.190	98	-0.006	-0.003	94.521	0.379	165	0.006	-0.001	165.43	0.327
32	0.025	0.026	31.59	0.170	99	0.001	0.003	94.526	0.408	166	0.01	0.017	165.73	0.341
33	-0.008	-0.011	31.778	0.201	100	0.008	0.008	94.697	0.432	167	0.021	0.014	167.02	0.336
34	0.009	0.009	31.975	0.233	101	0.002	-0.01	94.707	0.460	168	0.013	-0.003	167.49	0.347
35	-0.001	0.001	31.976	0.276	102	0.011	0.013	95.036	0.480	169	-0.006	-0.001	167.58	0.366
36	-0.001	-0.001	31.98	0.321	103	-0.002	-0.003	95.045	0.508	170	0.002	-0.001	167.59	0.386
37	0.006	0.007	32.089	0.363	104	0.014	0.007	95.565	0.522	171	-0.001	0.008	167.59	0.408
38	0.001	-0.002	32.093	0.412	105	-0.032	-0.027	98.399	0.470	172	-0.002	-0.006	167.6	0.429
39	-0.003	-0.002	32.125	0.461	106	0.004	0.004	98.452	0.497	173	-0.005	0	167.68	0.449
40	0.014	0.014	32.649	0.484	107	-0.005	-0.008	98.523	0.523	174	-0.005	-0.006	167.75	0.469
41	-0.005	-0.004	32.729	0.530	108	-0.007	-0.012	98.671	0.547	175	-0.002	-0.006	167.77	0.491
42	0.03	0.029	35.122	0.462	109	-0.003	-0.01	98.69	0.574	176	-0.014	-0.005	168.36	0.499
43	0.008	0.007	35.313	0.501	110	0.004	0.007	98.74	0.600	177	0.018	0.011	169.31	0.500
44	0.037	0.038	39.041	0.378	111	0.012	0.01	99.111	0.617	178	0.03	0.024	171.97	0.465
45	0.003	0.001	39.059	0.422	112	0.006	0.008	99.209	0.641	179	0.016	0.019	172.7	0.471
46	0.002	0.001	39.071	0.467	113	0.023	0.014	100.63	0.629	180	-0.023	-0.036	174.18	0.460
47	0.031	0.032	41.618	0.400	114	0.003	-0.001	100.66	0.654	181	0.02	0.02	175.35	0.457
48	-0.02	-0.02	42.682	0.399	115	0	-0.003	100.66	0.679	182	0.002	0.003	175.37	0.478
49	-0.004	-0.002	42.718	0.440	116	-0.009	-0.014	100.88	0.698	183	0.024	0.031	177.01	0.464
50	0.028	0.027	44.862	0.394	117	0.011	0.016	101.25	0.713	184	0.024	0.013	178.73	0.450
51	-0.012	-0.006	45.234	0.420	118	0.045	0.043	106.78	0.596	185	-0.013	-0.028	179.22	0.460
52	-0.001	-0.002	45.24	0.462	119	-0.002	-0.015	106.79	0.621	186	0.005	0.003	179.28	0.480
53	-0.012	-0.011	45.631	0.488	120	0.004	0.006	106.83	0.646	187	-0.008	-0.012	179.48	0.497
54	0.035	0.043	49.005	0.393	121	0.005	0.002	106.91	0.668	188	-0.017	-0.004	180.31	0.500
55	0.011	0.015	49.347	0.419	122	0.035	0.037	110.42	0.603	189	0.002	-0.004	180.32	0.521
56	-0.009	-0.013	49.591	0.450	123	0.09	0.083	132.98	0.134	190	0.004	-0.01	180.37	0.541
57	0.027	0.03	51.652	0.409	124	0.021	0.018	134.21	0.132	191	-0.001	-0.002	180.38	0.562
58	-0.001	0.003	51.658	0.448	125	0.026	0.022	136.17	0.121	192	0.029	0.022	182.78	0.532
59	-0.007	-0.001	51.808	0.481	126	0.004	-0.006	136.22	0.134	193	-0.015	-0.01	183.44	0.539
60	-0.011	-0.016	52.167	0.507	127	-0.012	0	136.61	0.142	194	-0.012	-0.012	183.87	0.551
61	0.024	0.03	53.771	0.483	128	0.011	0.02	136.96	0.152	195	0.012	0.008	184.31	0.562
62	0.012	0.013	54.193	0.505	129	-0.035	-0.042	140.31	0.123	196	-0.003	0.002	184.34	0.582
63	-0.002	-0.002	54.208	0.543	130	0.014	0.018	140.88	0.129	197	0.041	0.028	189.26	0.502
64	0.029	0.026	56.499	0.494	131	0.014	0.025	141.43	0.135	198	0.009	0.002	189.5	0.517
65	-0.013	-0.009	56.941	0.515	132	-0.012	-0.009	141.8	0.145	199	-0.028	-0.025	191.82	0.490
66	0.004	0.01	56.994	0.550	133	0.003	0.002	141.82	0.159	200	0.012	0.011	192.27	0.501
67	0.018	0.018	57.92	0.552	134	-0.004	0.01	141.87	0.174					

Nota: F.A. es la función de autocorrelación y F.A.P. es la función de autocorrelación parcial. Correlograma en niveles (200 rezagos). Estimaciones en Eviews 4.1

CUADRO ANEXO 8. CORRELOGRAMA DE LOS RESIDUOS CUADRADOS ESTANDARIZADOS DEL MODELO EGARCH (1, 1)

Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezago	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.
1	0.046	0.046	5.6658	68	0.019	0.018	63.657	0.383	135	0.001	0.012	131.32	0.402	
2	0.031	0.029	8.3025	69	0.044	0.043	68.946	0.254	136	0.028	0.013	133.49	0.375	
3	0.036	0.034	11.802	70	-0.024	-0.03	70.586	0.239	137	0.001	-0.004	133.49	0.399	
4	-0.032	-0.036	14.588	71	-0.006	-0.001	70.68	0.264	138	-0.019	-0.013	134.54	0.398	
5	-0.004	-0.003	14.635	72	0.029	0.028	72.951	0.233	139	-0.007	0	134.67	0.419	
6	0.04	0.041	18.836	73	-0.001	0.006	72.956	0.260	140	0.039	0.041	138.89	0.346	
7	-0.014	-0.015	19.363	74	0.016	0.009	73.616	0.271	141	-0.013	-0.016	139.36	0.358	
8	-0.015	-0.017	19.948	0.000	75	0.004	-0.003	73.668	0.298	142	0.001	-0.007	139.37	0.381
9	-0.016	-0.017	20.674	0.000	76	0.005	0.012	73.733	0.326	143	-0.011	-0.019	139.73	0.396
10	-0.027	-0.021	22.629	0.000	77	-0.02	-0.016	74.797	0.325	144	-0.007	-0.001	139.89	0.416
11	-0.024	-0.02	24.11	0.000	78	0.004	0.007	74.84	0.355	145	-0.004	-0.002	139.94	0.438
12	-0.009	-0.007	24.304	0.000	79	0.045	0.048	80.491	0.231	146	0.011	0.008	140.26	0.454
13	-0.011	-0.007	24.608	0.000	80	-0.002	-0.002	80.508	0.256	147	0.001	0.006	140.26	0.478
14	-0.005	-0.003	24.687	0.001	81	-0.007	-0.011	80.649	0.279	148	0.018	0.017	141.18	0.480
15	-0.015	-0.014	25.283	0.001	82	0.026	0.023	82.571	0.257	149	-0.005	-0.005	141.25	0.502
16	-0.038	-0.036	29.136	0.001	83	0.009	0.021	82.815	0.277	150	-0.007	-0.01	141.38	0.523
17	-0.012	-0.008	29.548	0.001	84	-0.04	-0.041	87.316	0.198	151	0.015	0.016	141.98	0.532
18	0.014	0.017	30.097	0.002	85	0.011	0.011	87.661	0.213	152	-0.035	-0.035	145.42	0.475
19	0.009	0.009	30.33	0.002	86	-0.005	-0.003	87.726	0.235	153	0.007	0.009	145.56	0.495
20	0.005	-0.001	30.388	0.004	87	-0.018	-0.016	88.62	0.239	154	0.009	0.005	145.81	0.512
21	-0.008	-0.012	30.573	0.006	88	-0.008	-0.008	88.799	0.259	155	-0.005	-0.003	145.87	0.534
22	-0.003	-0.001	30.603	0.010	89	0.039	0.043	92.953	0.192	156	0.009	0.009	146.1	0.552
23	-0.017	-0.017	31.417	0.012	90	0.002	0.011	92.969	0.213	157	0.009	0.003	146.3	0.570
24	0.019	0.018	32.394	0.013	91	0.005	-0.002	93.03	0.234	158	0.032	0.03	149.28	0.524
25	-0.002	-0.005	32.401	0.020	92	-0.012	-0.016	93.411	0.250	159	-0.016	-0.015	150.02	0.530
26	-0.008	-0.01	32.58	0.027	93	-0.017	-0.012	94.195	0.256	160	0.007	0.001	150.18	0.549
27	-0.01	-0.013	32.862	0.035	94	-0.002	-0.002	94.212	0.280	161	-0.007	-0.01	150.33	0.569
28	0.012	0.015	33.252	0.044	95	0.035	0.045	97.682	0.225	162	0.004	0.011	150.38	0.590
29	-0.018	-0.016	34.089	0.048	96	0.006	0	97.798	0.246	163	0.018	0.018	151.29	0.592
30	0.016	0.015	34.815	0.054	97	-0.011	-0.019	98.125	0.262	164	0.005	-0.008	151.36	0.612
31	-0.016	-0.019	35.474	0.062	98	0	0.004	98.125	0.286	165	0.003	0	151.39	0.633
32	0.027	0.029	37.474	0.052	99	0	0.004	98.125	0.312	166	0.002	0.011	151.4	0.654
33	-0.006	-0.01	37.576	0.066	100	0.013	0.015	98.597	0.326	167	0.022	0.019	152.8	0.645
34	0.004	0.005	37.62	0.084	101	0.002	-0.011	98.612	0.352	168	0.012	-0.002	153.21	0.657
35	-0.002	-0.002	37.627	0.106	102	0.011	0.017	98.926	0.371	169	-0.012	-0.009	153.61	0.669
36	-0.005	-0.005	37.686	0.129	103	-0.001	-0.001	98.93	0.398	170	0.001	-0.004	153.61	0.689
37	0.007	0.007	37.836	0.154	104	0.007	-0.001	99.062	0.423	171	0.003	0.012	153.63	0.708
38	0.006	0.003	37.941	0.182	105	-0.029	-0.023	101.42	0.386	172	-0.008	-0.011	153.8	0.724
39	-0.006	-0.007	38.054	0.213	106	0.013	0.017	101.86	0.402	173	-0.01	-0.007	154.11	0.736
40	0.012	0.013	38.454	0.236	107	-0.011	-0.011	102.17	0.421	174	-0.005	-0.007	154.18	0.753
41	-0.008	-0.007	38.626	0.268	108	-0.007	-0.01	102.31	0.445	175	-0.011	-0.008	154.52	0.764
42	0.027	0.027	40.548	0.239	109	-0.002	-0.007	102.32	0.472	176	-0.016	-0.003	155.21	0.769
43	0.005	0.001	40.623	0.274	110	0.003	0.011	102.34	0.500	177	0.015	0.009	155.9	0.774
44	0.02	0.02	41.713	0.273	111	0.006	0.002	102.43	0.525	178	0.024	0.017	157.48	0.763
45	-0.006	-0.009	41.815	0.309	112	0.003	0.005	102.45	0.552	179	0.012	0.02	157.91	0.772
46	0.005	0.005	41.874	0.347	113	0.015	0.01	103.09	0.562	180	-0.023	-0.036	159.38	0.763
47	0.036	0.037	45.32	0.260	114	-0.002	-0.003	103.1	0.589	181	0.017	0.018	160.25	0.765
48	-0.023	-0.026	46.79	0.247	115	-0.012	-0.017	103.47	0.605	182	0.002	0.001	160.26	0.781
49	-0.002	-0.001	46.8	0.282	116	-0.012	-0.015	103.88	0.621	183	0.014	0.025	160.85	0.787
50	0.025	0.024	48.543	0.259	117	0.005	0.014	103.94	0.645	184	0.018	0.009	161.76	0.788
51	-0.013	-0.008	49.006	0.279	118	0.031	0.03	106.6	0.600	185	-0.013	-0.027	162.25	0.795
52	-0.011	-0.014	49.343	0.304	119	-0.001	-0.014	106.6	0.626	186	0	0	162.25	0.810
53	-0.017	-0.017	50.118	0.313	120	0.006	0.01	106.71	0.649	187	-0.004	-0.006	162.29	0.824
54	0.039	0.048	54.162	0.220	121	0.002	-0.002	106.72	0.673	188	-0.015	-0.005	162.96	0.828
55	0.01	0.011	54.425	0.243	122	0.013	0.015	107.17	0.686	189	-0.001	-0.004	162.96	0.841
56	-0.014	-0.02	54.931	0.260	123	0.075	0.067	122.99	0.311	190	0.001	-0.006	162.96	0.854
57	0.021	0.022	56.101	0.257	124	0.022	0.018	124.29	0.305	191	0.001	-0.001	162.96	0.866
58	-0.005	-0.001	56.158	0.288	125	0.017	0.009	125.11	0.310	192	0.034	0.026	166.31	0.834
59	-0.01	-0.004	56.412	0.314	126	0.008	-0.007	125.27	0.329	193	-0.018	-0.015	167.23	0.835
60	-0.013	-0.02	56.906	0.332	127	-0.012	-0.002	125.66	0.344	194	-0.014	-0.01	167.83	0.840
61	0.028	0.033	59.048	0.296	128	0.01	0.014	125.92	0.361	195	0.015	0.011	168.52	0.843
62	0.017	0.016	59.805	0.306	129	-0.037	-0.048	129.82	0.297	196	-0.007	-0.003	168.66	0.854
63	-0.002	-0.003	59.82	0.339	130	0.014	0.017	130.38	0.307	197	0.034	0.024	172.02	0.821
64	0.023	0.018	61.247	0.326	131	0.009	0.018	130.61	0.325	198	-0.002	-0.009	172.04	0.834
65	-0.015	-0.013	61.876	0.340	132	-0.016	-0.017	131.29	0.332	199	-0.032	-0.029	175.05	0.804
66	0.006	0.01	61.962	0.371	133	0.003	-0.002	131.31	0.355	200	0.016	0.018	175.83	0.807
67	0.016	0.013	62.645	0.383	134	-0.002	0.011	131.32	0.378					

Nota: F.A. es la función de autocorrelación y F.A.P. es la función de autocorrelación parcial. Correlograma en niveles (200 rezagos). Estimaciones en Eviews 4.1

CUADRO ANEXO 9. CORRELOGRAMA DE LOS RESIDUOS CUADRADOS ESTANDARIZADOS DEL MODELO EGARCH-M (1, 1)

Rezagó	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezagó	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	Rezagó	F.A.	F.A.P	Q-estadístico	Prob.	
										135	-0.004	0.010	138.620	0.246	
1	0.044	0.044	5.141	68	0.014	0.013	59.796	0.520	136	0.028	0.016	140.820	0.225		
2	0.030	0.028	7.518	69	0.038	0.037	63.815	0.412	137	0.005	0.003	140.890	0.242		
3	0.034	0.032	10.612	70	-0.024	-0.029	65.361	0.395	138	-0.013	-0.006	141.390	0.252		
4	-0.033	-0.036	13.455	71	-0.004	0.001	65.404	0.428	139	-0.007	-0.003	141.520	0.270		
5	-0.004	-0.003	13.501	72	0.026	0.027	67.299	0.398	140	0.039	0.043	145.710	0.213		
6	0.043	0.044	18.370	73	-0.001	0.005	67.303	0.432	141	-0.016	-0.018	146.430	0.219		
7	-0.012	-0.014	18.788	74	0.008	0.002	67.469	0.461	142	-0.001	-0.008	146.430	0.237		
8	-0.014	-0.016	19.279	0.000	75	0.007	0.001	67.596	0.491	143	-0.009	-0.017	146.680	0.251	
9	-0.016	-0.017	19.988	0.000	76	0.003	0.010	67.621	0.524	144	-0.006	0.000	146.780	0.269	
10	-0.025	-0.019	21.653	0.000	77	-0.019	-0.017	68.601	0.525	145	-0.003	0.000	146.800	0.288	
11	-0.026	-0.022	23.417	0.000	78	0.003	0.005	68.619	0.558	146	0.012	0.007	147.230	0.300	
12	-0.007	-0.005	23.542	0.000	79	0.043	0.046	73.658	0.424	147	0.003	0.009	147.250	0.321	
13	-0.010	-0.007	23.830	0.001	80	0.001	0.002	73.662	0.456	148	0.017	0.017	148.050	0.325	
14	-0.007	-0.005	23.956	0.001	81	-0.009	-0.014	73.880	0.482	149	-0.005	-0.006	148.140	0.345	
15	-0.015	-0.014	24.542	0.002	82	0.026	0.021	75.785	0.453	150	-0.013	-0.016	148.630	0.357	
16	-0.035	-0.033	27.844	0.001	83	0.015	0.026	76.404	0.465	151	0.016	0.016	149.320	0.364	
17	-0.015	-0.010	28.418	0.002	84	-0.039	-0.041	80.580	0.368	152	-0.033	-0.033	152.380	0.321	
18	0.016	0.019	29.128	0.002	85	0.013	0.012	81.073	0.384	153	0.008	0.011	152.540	0.339	
19	0.010	0.010	29.406	0.003	86	-0.005	-0.004	81.149	0.412	154	0.011	0.006	152.870	0.353	
20	0.009	0.004	29.610	0.005	87	-0.022	-0.020	82.472	0.403	155	-0.004	-0.003	152.920	0.374	
21	-0.002	-0.006	29.622	0.009	88	-0.008	-0.008	82.643	0.428	156	0.009	0.010	153.130	0.391	
22	-0.009	-0.008	29.852	0.012	89	0.044	0.046	87.883	0.308	157	0.013	0.007	153.630	0.403	
23	-0.012	-0.012	30.271	0.017	90	0.005	0.012	87.950	0.334	158	0.029	0.024	156.060	0.372	
24	0.017	0.016	31.090	0.019	91	0.001	-0.006	87.955	0.363	159	-0.015	-0.013	156.720	0.380	
25	0.000	-0.004	31.090	0.028	92	-0.016	-0.019	88.628	0.372	160	0.008	0.003	156.890	0.398	
26	-0.004	-0.007	31.138	0.039	93	-0.023	-0.017	90.032	0.362	161	-0.007	-0.011	157.030	0.417	
27	-0.004	-0.006	31.175	0.053	94	0.001	0.002	90.034	0.391	162	0.000	0.003	157.030	0.439	
28	0.014	0.017	31.732	0.062	95	0.039	0.046	94.318	0.303	163	0.014	0.014	157.550	0.450	
29	-0.016	-0.016	32.466	0.070	96	0.008	0.002	94.508	0.325	164	0.008	-0.002	157.730	0.469	
30	0.017	0.016	33.287	0.076	97	-0.014	-0.024	95.070	0.337	165	0.000	-0.006	157.740	0.491	
31	-0.016	-0.018	33.950	0.086	98	-0.005	-0.001	95.127	0.363	166	0.004	0.013	157.790	0.512	
32	0.028	0.030	36.088	0.070	99	0.002	0.006	95.135	0.391	167	0.021	0.017	159.060	0.506	
33	-0.006	-0.010	36.180	0.088	100	0.007	0.008	95.256	0.416	168	0.011	-0.004	159.420	0.520	
34	0.004	0.004	36.214	0.111	101	0.003	-0.010	95.276	0.444	169	-0.009	-0.008	159.670	0.537	
35	0.000	0.000	36.214	0.137	102	0.010	0.015	95.564	0.464	170	-0.002	-0.007	159.680	0.559	
36	-0.004	-0.003	36.250	0.166	103	-0.004	-0.005	95.604	0.492	171	0.000	0.009	159.680	0.581	
37	0.009	0.009	36.448	0.194	104	0.011	0.005	95.966	0.511	172	-0.007	-0.012	159.810	0.599	
38	0.003	-0.002	36.469	0.229	105	-0.033	-0.027	98.993	0.453	173	-0.009	-0.007	160.060	0.615	
39	-0.003	-0.002	36.488	0.268	106	0.005	0.009	99.060	0.479	174	-0.002	-0.004	160.080	0.636	
40	0.008	0.008	36.658	0.303	107	-0.005	-0.007	99.130	0.506	175	-0.007	-0.008	160.230	0.653	
41	-0.008	-0.007	36.835	0.339	108	-0.009	-0.013	99.372	0.527	176	-0.014	-0.003	160.790	0.662	
42	0.022	0.022	38.127	0.329	109	-0.002	-0.008	99.387	0.555	177	0.018	0.012	161.740	0.662	
43	0.007	0.005	38.274	0.367	110	0.006	0.011	99.481	0.580	178	0.027	0.021	163.880	0.638	
44	0.023	0.023	39.764	0.348	111	0.008	0.006	99.646	0.603	179	0.011	0.014	164.200	0.652	
45	-0.002	-0.005	39.774	0.391	112	0.005	0.007	99.709	0.627	180	-0.020	-0.033	165.310	0.649	
46	0.006	0.005	39.859	0.432	113	0.014	0.006	100.230	0.640	181	0.014	0.013	165.860	0.658	
47	0.037	0.038	43.530	0.324	114	-0.001	-0.003	100.230	0.665	182	-0.002	0.001	165.870	0.678	
48	-0.020	-0.023	44.649	0.321	115	0.000	-0.005	100.230	0.690	183	0.016	0.023	166.600	0.682	
49	0.000	0.000	44.649	0.361	116	-0.009	-0.013	100.470	0.708	184	0.021	0.009	167.860	0.677	
50	0.030	0.028	47.080	0.309	117	0.010	0.016	100.750	0.725	185	-0.014	-0.029	168.430	0.685	
51	-0.012	-0.009	47.499	0.332	118	0.043	0.040	105.870	0.620	186	0.004	0.003	168.490	0.702	
52	-0.006	-0.008	47.601	0.367	119	-0.001	-0.014	105.870	0.645	187	-0.004	-0.009	168.540	0.720	
53	-0.013	-0.014	48.047	0.390	120	0.004	0.006	105.930	0.669	188	-0.017	-0.005	169.370	0.722	
54	0.034	0.043	51.141	0.314	121	0.005	0.001	106.000	0.691	189	0.000	-0.005	169.370	0.740	
55	0.006	0.007	51.248	0.348	122	0.028	0.030	108.150	0.662	190	0.003	-0.008	169.400	0.756	
56	-0.012	-0.017	51.639	0.371	123	0.086	0.079	128.860	0.195	191	-0.004	-0.005	169.440	0.772	
57	0.023	0.026	53.143	0.354	124	0.022	0.015	130.160	0.191	192	0.032	0.025	172.360	0.738	
58	-0.005	-0.001	53.208	0.389	125	0.026	0.018	132.020	0.178	193	-0.017	-0.014	173.210	0.740	
59	-0.008	-0.003	53.383	0.421	126	0.008	-0.006	132.190	0.193	194	-0.012	-0.010	173.610	0.750	
60	-0.015	-0.021	54.005	0.436	127	-0.009	0.000	132.420	0.207	195	0.016	0.012	174.320	0.755	
61	0.024	0.031	55.607	0.414	128	0.011	0.015	132.770	0.219	196	-0.003	0.001	174.350	0.770	
62	0.014	0.014	56.161	0.431	129	-0.038	-0.048	136.810	0.170	197	0.035	0.024	177.970	0.724	
63	0.004	0.003	56.204	0.467	130	0.012	0.017	137.240	0.180	198	0.000	-0.009	177.970	0.742	
64	0.025	0.021	57.900	0.442	131	0.016	0.026	137.990	0.184	199	-0.033	-0.029	181.040	0.704	
65	-0.011	-0.010	58.214	0.467	132	-0.013	-0.014	138.480	0.193	200	0.014	0.016	181.630	0.711	
66	0.006	0.010	58.297	0.501	133	0.003	0.001	138.510	0.210						
67	0.019	0.016	59.254	0.503	134	-0.005	0.008	138.590	0.227						

Nota: F.A. es la función de autocorrelación y F.A.P. es la función de autocorrelación parcial. Correlograma en niveles (200 rezagos). Estimaciones en Eviews 4.1





## REFERENCIAS

- Ackert Lucy y Brian Smith, (1993, septiembre), “Stock Price Volatility, Ordinary Dividends, and Other Cash Flows to Shareholders”, *The Journal of Finance*, vol. XLVIII, núm. 4, pp. 1147-1160.
- Aragó Manzana, Vicent y Juan C. Matallín Sáez, (2003, noviembre), “Relación entre la Volatilidad y la Prima de Riesgo. Evidencia para el Mercado Español”, *AEFIN-Universidad de Alicante*, XI Foro de Finanzas las Finanzas del Nuevo Milenio, extraído de <http://xiforofinanzas.ua.es/trabajos/1023.pdf>
- Banco de México [BANXICO], (2005, abril), “Resumen Informe Anual 2004” *Banco de México*, extraído de <http://www.banxico.org.mx/gPublicaciones/FSPublicaciones.html>
- , (2003, abril), “Resumen Informe Anual 2002” *Banco de México*, extraído de <http://www.banxico.org.mx/gPublicaciones/FSPublicaciones.html>
- , (2002, abril), “Resumen Informe Anual 2001” *Banco de México*, extraído de <http://www.banxico.org.mx/gPublicaciones/FSPublicaciones.html>
- , (2000, abril), “Resumen Informe Anual 1999” *Banco de México*, extraído de <http://www.banxico.org.mx/gPublicaciones/FSPublicaciones.html>
- , (1999, abril), “Resumen Informe Anual 1998” *Banco de México*, extraído de <http://www.banxico.org.mx/gPublicaciones/FSPublicaciones.html>
- , (1998, abril), “Resumen Informe Anual 1997” *Banco de México*, extraído de <http://www.banxico.org.mx/gPublicaciones/FSPublicaciones.html>
- , (1997, abril), “Resumen Informe Anual 1996” *Banco de México*, extraído de <http://www.banxico.org.mx/gPublicaciones/FSPublicaciones.html>

- Bekaert Geert y Guojun Wu, (2000), “Asymmetric Volatility and Risk in Equity Markets”, [Versión electrónica], *The Review of Financial Studies Spring*, vol. 13, núm. 1, pp. 1-42, extraído de <http://rfs.oxfordjournals.org/cgi/reprint/13/1/1.pdf>
- Bessembinder Hendrik y Paul J. Seguin, (1993, Marzo) “Price Volatility, Trading Volume, and Market Depth: Evidence from Futures Markets”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 28, núm. 1, pp. 21-39.
- Black, Fischer, (1976) “Studies of Stock Price Volatility Changes”, *Proceedings of the 1976 Business Meeting of the Business and Economics Statistics Section American Statistical Association*, pp. 177-181.
- Black, Fischer, y Myron Scholes, (1970) “The Pricing of Options and Corporate Liabilities”, *Journal of Political Economy*, pp. 637-654.
- Bolsa Mexicana de Valores [BMV], “Índices de Mercado”, extraído de [http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec2\\_indicesmer.html#](http://www.bmv.com.mx/BMV/HTML/sec2_indicesmer.html#)
- Brown Keith C., W. V. Harlow y Seha M. Tinic, (1993, Marzo), “The Risk and Required Return of Common Stock following Major Price Innovations”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 28, núm. 1, pp. 101-116.
- Caro, E., y F. Vega, El Mercado de Valores en México. Estructura y Funcionamiento, México, Ariel México, 1995, pp. 20-157.
- Christie, Andrew A., (1982), “The Stochastic Behavior of Common Stock Variances. Value, Leverage and Interest Rate Effects”, *Journal of Financial Economics 10*, pp. 407-432.
- Contreras Sosa, Hugo J., “México 1995: Incertidumbre Cambiaria, Sobreajuste y Credibilidad”, *Revista Economía Informa*, no. 244, pp. 22-27.

- Cornelius, Peter k., (2003), “The Global Competitiveness Report 2002-2003”, *New York/Oxford University Press for the World Economic Forum*, extraído de <http://www.weforum.org>
- De Lara Haro, Alfonso, Medición y Control de Riesgos Financieros, México, Editorial LIMUSA, 2004, pp. 43.
- Díaz Mondragón, Manuel, Invierta con Éxito en la Bolsa y otros Mercados Financieros, México, Sistemas de Información Contable y Administrativa Computarizados, GASCA SICCO, 2004, 671 p.
- Ederington Louis y Jae Ha Lee, (1993, septiembre), “Stock Price Volatility, Ordinary Dividends, and Other Cash Flows to Shareholders”, *The Journal of Finance*, vol. XLVIII, núm. 4, pp. 1161-1191.
- Engle, Robert F., y Victor K. Ng, (1993, diciembre), “Measuring and Testing the Impact of the News on Volatility”, *The Journal of Finance*, vol. XLVIII, núm. 5, pp. 1749-1778.
- Fama, Eugene F., (1970, mayo) “Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work”, [Versión electrónica], *Journal of Finance*, vol. 25, issue 2, Papers and Proceedings of the Twenty-Eighth Annual Meeting of the American Finance Association New York, N. Y. December, 28-30, 1969, pp. 383-417, extraído de <http://www.jstor.org>
- Félix, David, (1998, octubre), “La Globalización del Capital Financiero”, *Revista de la CEPAL*, núm. extraordinario, extraído de <http://eclac.org/publicaciones/SecretariaEjecutiva/7/lcg2037/felix.htm>

- Glosten, Lawrence, Ravi Jagannathan y David E. Runkle, (1993, diciembre), "On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks", *The Journal of Finance*, vol. XLVIII, núm. 5, pp. 1779-1801.
- Izquierdo, F., y A. Manzana, (2002, marzo), "Transmisión de la Volatilidad entre los Mercados Bursátiles desde la Perspectiva de la Bolsa Española", *Revista Electrónica de Economía Aplicada*, versión preliminar, extraído de <http://www.revecap.com/veea/autores/A/158.doc>
- Johnson, Christian A., y Fabian A. Soriano, (2004, abril-junio), "Volatilidad del Mercado Accionario y la Crisis Asiática, Evidencia Internacional de Asimetrías", *El Trimestre Económico*, vol. LXXI (2), núm. 282, pp. 355-388.
- Lanteri, Luis, (2004), "Efectos Asimétricos de la Incertidumbre en la Inflación y en la Actividad Económica Real: El Caso Argentino", *Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos*, IX Reunión de la Red de Investigadores de Bancos Centrales, San José, Costa Rica, extraído de <http://www.cemla.org/pdf/redix/RED-IX-ar-Lanteri.pdf>
- Litvinova, Julia, "Volatility Asymmetry in High Frequency Data", *Duke University*, Department of Economics, extraído de <http://www.duke.edu/~jal/research.html>
- López Herrera, Francisco, (2004, mayo-agosto), "Modelado de la Volatilidad y Pronóstico del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores", *Revista en Formato Electrónico Contaduría y Administración*, núm. 213, pp. 43-72, extraído de <http://www.ejournal.unam.mx/rca/213/RCA21302.pdf>
- Marquez Pozos, J.M., Alejandro Islas Camargo y F. Venegas Martinez, (2003), "Corrientes Internacionales de Capital e Inversión Extranjera de Cartera. El caso de México, 1989-1999", *El Trimestre Económico* 70, pp. 791-833.

- Marshall Jorge, (2000), “Movilidad Internacional y Desarrollo de los Mercados Financieros”, *Encuentro Económico “Regulación del Mercado de Capitales”*, Santiago, 24 de mayo de 2000, extraído de <http://www.bcentral.cl/esp/politicas/exposiciones/miembrosconsejo/pdf/2000/marshallmayo242000.pdf>
- Mcqueen, Grant y Steven Thorley, (1991, marzo), “Are Stock Returns Predictable? A Test Using Markov Chains”, *The Journal of Finance*, vol. XLVI, núm. 1, pp. 239-264.
- Miralles M. José Luis y José Luis Miralles Q., “Análisis de las Tendencias Estocásticas Comunes entre los Principales Índices Bursátiles”, <http://www.encuentrofinanzas.cl/SitioAntiguo/Programa/Trabajos%20presentados/048.doc>
- Mushfiq, Ahmed, (2005, mayo), “Democracy, Volatility, and Economic Development”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. LXXXVII, núm. 2, pp. 348-361.
- Nelson, Daniel B., (1991, marzo), “Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach”, *Econometrica*, vol. 59, núm. 2, pp. 347-370.
- Nelson, Charles y Kim Myung (1993, junio), “Predictible Stock Returns: The Role of Small Sample Bias”, *The Journal of Finance*, vol. XLVIII, núm. 2, pp. 641-662.
- Parisi, A., y F. Parisi, (1998), “Modelos GARCH y la Tasa de Interés Nominal de Corto Plazo en Chile: Una Evidencia Empírica”, *El Trimestre Económico*, pp.519-534.
- , y Edinson Cornejo, (2004, octubre-diciembre) “Algoritmos Genéticos y Modelos Multivariados Recursivos en la Predicción de Índices Bursátiles de América del Norte: IPC, TSE, NASDAQ y DJI”, *El Trimestre Económico*, vol. LXXI (4), núm. 284, pp. 789-809.

- , y José L. Guerrero, (2004, octubre-diciembre), “Modelos Predictivos de Redes Neuronales en Índices Bursátiles”, *El Trimestre Económico*, vol. LXXI (4), núm. 284, pp. 721-744.
- Pindyck, R., y Rubinfeld, D., Econometría, Modelos y Pronósticos, México, *McGraw-Hill*, 2001, pp.299-306, 514-574.
- Rigobon, Roberto, (2003, noviembre), “Identification through Heteroskedasticity”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. LXXXV, núm. 4, pp. 777-792.
- Robertson Donald y Stephen Wright, (2006, febrero), “Dividends, Total Cash Flow to Shareholders, and Predictive Return Regressions”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. LXXXVIII, núm. 1, pp. 91-99.
- Rodríguez B., Domingo, (2004), “Evaluación de la Eficiencia del Mercado de Coberturas del Tipo de Cambio en México: 1995 - 2003”, *Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración*, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis Para Obtener el Grado de Maestro en Finanzas, pp.26-34, 48-50.
- Schwert, William, (1989, diciembre), “Why Does Market Volatility Change Over Time?” *The Journal of Finance*, vol. XLIV, núm. 5, pp.1115-1153.
- Van James y Wachowicz John, Fundamentals of Financial Management, New Jersey, Prentice Hall, 1998, 737 p.
- VT, Alaganar, (2004, Agosto), “Australian Corporate Debt Neither Risky nor Rewarding”, *State Street Global Advisors*, extraído de <http://www.ssga.com/library/resh/Australiancorporatedebt20041025/page.html>
- Walter, Eduardo, (2000, julio-septiembre), “Predictibilidad de Rendimientos en el Mercado Accionario Chileno”, *El Trimestre Económico*, vol. 67 (3), núm. 267, pp.355-394

## ARTÍCULOS PERIODÍSTICOS

Arrona, Elba, "Aún no Tocan Piso los Réditos", El Financiero, México, 14 de noviembre de 2005, pp. 5.

Gazcón Felipe, y Leticia Hernández, "Difícil para EU, Financiar Déficit", El Financiero, México, 15 de noviembre de 2005, pp. 5.

—————, y Alicia Salgado, "Llama Ortiz a Discutir los Desafíos que Enfrenta la Política Monetaria", El Financiero, México, 15 de noviembre de 2005, pp. 6.

Hernández, Leticia, "Impulsado por la Percepción de Estabilidad Económica, el IPC reportó su Mejor Desempeño Mensual desde 2001", El Financiero, México, 30 de septiembre de 2005, pp. 3A.

Invertia, (2005, 18 de Octubre), "Sube 11.0% saldo de inversión extranjera total a Sep. 05; a 106,161.48 md", *BMV*, extraído de [http://mx.invertia.com/noticias/noticia.aspx?idNoticia=200510181730\\_INF\\_28804477](http://mx.invertia.com/noticias/noticia.aspx?idNoticia=200510181730_INF_28804477)

Mayoral, J., "Desatada, la BMV Supera Expectativas de 2005", El Financiero, México, 3 de octubre de 2005, pp. 8.

—————, "Justificado, Retorno del Optimismo a Mercados", El Financiero, México, 14 de noviembre de 2005, pp. 6.

Piz, Victor, "Podrán Inversionistas Bursátiles Hacer Operaciones Transoceánicas", El Financiero, México, 28 de septiembre de 2005, pp. 4.

—————, "Advierte Greenspan Panorama Incierto para la Inflación en EU", El Financiero, México, 4 de noviembre de 2005, pp. 4.

Salgado, J., "Alcanza el Peso Mexicano Estatus de Divisa Mundial", El Financiero, México, 3 de octubre de 2005, pp. 8.



Sandoval, Antonio, “Cimentado en Sectores de la Economía Tradicional, el Auge de la BMV; Desligue de Wall Street”, El Financiero, México, 22 de septiembre de 2005, pp. 3A.

—————, “Operatividad, Sustento de la Racha Alcista en la BMV”, El Financiero, México, 26 de septiembre de 2005, pp. 16.

—————, “Interrumpió el Peso Cuatro Meses Consecutivos de Ganancias contra el Dólar durante Agosto; se Deprecia 2.20 por ciento”, El Financiero, México, 31 de agosto e de 2005, pp. 3A.