



Revista Mexicana de Economía y
Finanzas. Nueva Época / Mexican
Journal of Economics and Finance

ISSN: 1665-5346

remef@imef.org.mx

Instituto Mexicano de Ejecutivos de
Finanzas A.C.

Santillán-Salgado, Roberto J.; Martínez-Preece, Marissa; López-Herrera, Francisco
ANÁLISIS ECONOMETRICO DEL RIESGO Y RENDIMIENTO DE LAS SIEFORES

Revista Mexicana de Economía y Finanzas. Nueva Época / Mexican Journal of
Economics and Finance, vol. 11, núm. 1, enero-junio, 2016, pp. 29-54

Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas A.C.

Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423743961002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ANÁLISIS ECONOMETRICO DEL RIESGO Y RENDIMIENTO DE LAS SIEFORES

Roberto J. Santillán-Salgado*

EGADE Business School, Campus Monterrey, Departamento de Finanzas

Marissa Martínez-Preece

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Administración

Francisco López-Herrera

Universidad Autónoma de México, División de Investigación de la Facultad de Contaduría y Administración

(Recibido 03 de noviembre 2014, aceptado 15 de mayo 2015)

Resumen

Las Sociedades de Inversión de los Fondos de Ahorro para el Retiro en México (SIEFORES) se cotizan cotidianamente en la Bolsa Mexicana de Valores y su valor se determina con base en los activos en su portafolio. Este artículo estudia el comportamiento de los rendimientos y la volatilidad de las SIEFORES. La evidencia econométrica indica la presencia de integración fraccionaria en los rendimientos. Adicionalmente, se detectan clusters de volatilidad y exceso de curtosis, característica usualmente asociada a una volatilidad cambiante en el tiempo, pero también con alta persistencia. Los hallazgos anteriores indican que los rendimientos y su volatilidad pueden representarse adecuadamente mediante un modelo ARFIMA-FIGARCH. Nuestros resultados aportan información valiosa para una calibración más precisa de los modelos de administración de riesgos en las SIEFORES, en beneficio de la estabilidad financiera y económica del país, así como también para una mejor protección del valor de los ahorros para el retiro de los trabajadores.

Abstract

The Investment Funds Specialized in Retirement Savings in Mexico (Sociedades de Inversión de los Fondos de Ahorro para el Retiro, known as SIEFORES) are quoted daily in the Mexican Stock Exchange (Bolsa Mexicana de Valores). This paper analyzes the behavior of returns and volatility of SIEFORES. The econometric evidence suggests the presence of fractional integration. Additionally, it detects volatility clusters and excess kurtosis, a characteristic usually associated with time changing and highly persistent volatility. The above findings indicate that returns and volatility may be modeled with an ARMA-FIGARCH model. Our results lies in providing information to enhance accuracy of risk management models that may be used by SIEFORES. Improved risk management techniques may better protect the value of workers retirement savings and turn beneficial to Mexico's financial and economic stability.

Clasificación JEL: G23, G29

Palabras clave:: Fondos de pensión, Modelado financiero, Integración Fraccionaria, Arfima, Figarch.

* EGADE Business School, Campus Monterrey, Departamento de Finanzas. Av. Eugenio Garza Lagüera y Rufino Tamayo, Valle Oriente, Garza García, C.P. 66269, Nuevo León, México Tel. (52) 81 86 25 61 80. E-mail:roberto.santillan@itesm.mx

1. Introducción

En julio de 1997 comenzó el funcionamiento del nuevo sistema de contribuciones definidas en México, con el cual se reemplazó al sistema tradicional de pensiones basado en el mecanismo de beneficios definidos, conocido como “de reparto”, vigente desde 1943 para los trabajadores del sector privado vía su afiliación al Instituto Mexicano del Seguro Social.

A partir de la introducción del concepto de cuentas individuales,¹ elemento central del nuevo sistema, las cotizaciones tripartitas - de los trabajadores, empresarios y gobiernos - se canalizan al mercado bursátil a través de las Sociedades de Inversión Especializadas de Fondos para el Retiro, SIEFORES. En tal virtud, éstas son vehículos para el ahorro contractual, ya que sus recursos se invierten en canastas de valores manejadas por las Administradoras de Fondos para el Retiro, AFORES.

En este trabajo se presentan los resultados del análisis econométrico realizado sobre los rendimientos y la volatilidad de las acciones de las cinco SIEFORES Básicas (SB1, SB2, SB3, SB4 y SB5) creadas por la regulación mexicana en los últimos tres lustros y cotizadas en la Bolsa Mexicana de Valores. El objetivo general es verificar la naturaleza del comportamiento estocástico de las series de rendimiento y volatilidad de las distintas SIEFORES. Específicamente se pretende determinar la presencia de efectos de memoria larga en ambas series, y para ello plantean dos hipótesis de trabajo: a) “Es posible modelar los rendimientos de las SIEFORES sin tomar en cuenta la memoria de Largo Plazo”; y b) “Es posible modelar las volatilidades de las SIEFORES sin tomar en cuenta la memoria de Largo Plazo”. Ambas hipótesis son rechazadas a partir de los resultados del análisis econométrico, pues se encuentra evidencia de integración fraccionaria tanto en los rendimientos como en la volatilidad. En consecuencia, se extendió el análisis mediante la construcción de modelos ARFIMA, y se procedió al desarrollo de modelos GARCH con integración fraccionaria, conocidos como modelos FIGARCH.

2. El Contexto del sistema privado de pensiones en México

Desde la introducción del sistema de contribuciones definidas en 1997, la política de inversión que deben seguir las administradoras de los fondos de los trabajadores fue modificada en distintas ocasiones. En el año 2007 tuvo lugar un conjunto de cambios en la política de inversión para permitir la creación de cinco distintos tipos de SIEFORE dirigidos a grupos de trabajadores con edades distintas, que abarcan todo el ciclo de su vida activa (Ver Cuadro 1). Asimismo, se introdujeron cambios en los porcentajes autorizados para cada tipo de instrumentos de las SB1, así como la definición de los límites aplicables a las nuevas SIEFORES.

El argumento principal para justificar la introducción de distintos tipos de SIEFORES fue que a lo largo de la vida del trabajador tendrá lugar una migración desde las SIEFORES con políticas de inversión más agresivas,

¹ Esta modalidad de Fondos para el Retiro fue originalmente introducida en Chile, en los años ochentas. Los resultados fueron muy positivos tanto al reducir la carga fiscal de las pensiones de los trabajadores, como también al promover la modernización del sistema financiero de ese país para absorber eficientemente el ahorro periódico destinado a las pensiones.

dirigidas a los trabajadores más jóvenes en el sistema, hacia las SIEFORES más conservadoras, pensadas para trabajadores con edad ya cercana a su retiro.

Cuadro 1. Tipos de SIEFORE (Julio de 2011 a octubre de 2012)
2

Tipo de SIEFORE	Edad del trabajar
Básica 1	60 años y mayores
Básica 2	De 46 años a menos de 60 años
Básica 3	De 37 años a menos de 46 años
Básica 4	De 27 años a menos de 37 años
Básica 5	Menos de 27 años

Fuente: Modificaciones al régimen de inversión (2011), CONSAR

A finales de 2012 tuvieron lugar otros dos importantes cambios. En primer lugar, se permitió la fusión de las SB4 y la SB5 debido a que el número de trabajadores había disminuido en esta última y a que los límites de inversión eran prácticamente los mismos - excepto en el límite máximo de instrumentos cotizados en bolsa. El segundo cambio consistió en la autorización de la creación de la SIEFORE Básica de Pensiones, la cual empezará a funcionar cuando se alcance un monto suficiente para separarla de la SB1.³ Este cambio fue lógico puesto que, hasta el presente, en la SB1 los recursos administrados sirven a dos fines distintos: a) el pago efectivo de pensiones; y b) la acumulación de fondos.⁴

Con la intención de lograr mayor especificidad en las estrategias de inversión de los portafolios hasta ahora combinados en la SB1, la separación permitirá que la SB1 se concentre en la administración de los recursos de los trabajadores de 60 años o más que aún estén acumulando fondos para su retiro; mientras que la nueva SIEFORE administrará los recursos de los trabajadores ya pensionados a través de retiros programados, o con pensiones garantizadas.

El propósito de la creación/desaparición de SIEFORES y de las diversas modificaciones a la política de inversión ha sido permitir que los trabajadores tengan acceso a instrumentos financieros cuyo rendimiento esperado es superior al promedio del mercado, al mismo tiempo que se crean las condiciones para diversificar el riesgo mediante portafolios adecuadamente integrados.

En un inicio, la política de inversión había establecido que las SB1 deberían mantener cuando menos el 51% de su activo neto en instrumentos de

² Modificado por las Disposición de carácter general que establecen el Régimen de Inversión al que deberán sujetarse las SIEFORE en el Diario Oficial de la Federación el 27 de julio de 2011, a estas disposiciones también se les conoce como Circular2nica Financiera o CUF.

³ Informe trimestral al H. Congreso de la Unión sobre la situación del SAR, 3er trimestre de 2012.

⁴ Trabajadores mayores de 60 años.

deuda denominados en Unidades de Inversión (UDIS) o en moneda nacional, que recibieran intereses con un rendimiento igual o mayor a la variación de las UDIS o al índice nacional de precios al consumidor. Asimismo, podrían tener hasta el 100% de sus activos netos en instrumentos de deuda con grado de inversión triple A o equivalente, hasta 35% en instrumentos de deuda con grado de inversión doble A o equivalente, y hasta un 5% en instrumentos de deuda con grado de inversión A. También podrían operar con productos derivados atendiendo los límites máximos para instrumentos de deuda con grados de inversión de triple A, doble A y A, según la naturaleza de los subyacentes operados. Este tipo de sociedades podrían adquirir valores de deuda, tanto nacionales como extranjeros, de manera directa y a través de vehículos de inversión, siempre y cuando no excedieran los límites establecidos.

Sin embargo, las SB1 tenían prohibido adquirir instrumentos de deuda, tanto nacionales como extranjeros que no cumplieran con los grados de inversión mencionados, valores de deuda subordinados o acciones, instrumentos de inversión, tanto nacionales como extranjeros convertibles a acciones, así como componentes de renta variable. Tampoco podían adquirir instrumentos o valores extranjeros que otorgaran derechos o rendimientos referidos, directa o indirectamente, a acciones individuales, a un conjunto de acciones o a variaciones en el precio de mercancías, activos o instrumentos diferentes a los autorizados.

Los límites establecidos para los distintos instrumentos de inversión autorizados para cada tipo de SIEFORE, considerando los riesgos de mercado, de crédito, de concentración, así como conflictos de intereses conforme a las modificaciones de 2007 aparecen en el Cuadro 2. En éste se puede observar cómo las SB1 continuaron siendo los fondos de retiro más conservadores, y el riesgo que asumen los trabajadores aumenta al disminuir la edad del trabajador al que está destinado el fondo.

Cuadro 2. Límites de inversión en las SIEFORES
(Conforme a modificación de la política de inversión de 2007)

Tipo de riesgo	Origen	Concepto	Límite por tipo de SIEFORE Básico				
			1	2	3	4	5
RIESGO DE MERCADO		Valor en riesgo (VAR histórico)	0.6%	1.0%	1.3%	1.6%	2.0%
		Renta variable (a través de índices accionarios)	0%	15%	20%	25%	30%
		Instrumentos en Divisas (dólares, euros, yenes u otras para índices accionarios)	30%	30%	30%	30%	30%
		Derivados	SI	SI	SI	SI	SI
RIESGO DE CRÉDITO		Instrumentos mx AAA y gubernamental	100%	100%	100%	100%	100%
		Instrumentos mx AA- y gubernamental	50%	50%	50%	50%	50%
		Instrumentos mx A- y gubernamental	20%	20%	20%	20%	20%

Cuadro 2. Límites de inversión en las SIEFORES
(Conforme a modificación de la política de inversión de 2007)

Tipo de riesgo	Origen	Concepto	Límite por tipo de SIEFORE Básico				
			1	2	3	4	5
RIESGO DE CONCENTRACION	Nacional	Instrumentos mx AAA un solo emisor o contraparte	5%	5%	5%	5%	5%
		Instrumentos mx AA un solo emisor o contraparte	3%	3%	3%	3%	3%
		Instrumentos mx A un solo emisor o contraparte	1%	1%	1%	1%	1%
		Instrumentos en Divisas BBB+ un solo emisor o contraparte	5%	5%	5%	5%	5%
		Instrumentos en Divisas BBB- un solo emisor o contraparte	3%	3%	3%	3%	3%
	Extranjero	Instrumentos en Divisas A- un solo emisor o contraparte	5%	5%	5%	5%	5%
		Sobre una sola emisión	20%	20%	20%	20%	20%
OTROS LÍMITES		Valores extranjeros (en caso de deuda, mínimo A-)	20%	20%	20%	20%	20%
		Instrumentos <u>bursatilizados</u>	10%	10%	10%	10%	10%
		Instrumentos Estructurados y Obligaciones Subordinadas	0%	0%	0%	0%	0%
		FIBRAS (Fideicomisos de Infraestructura y bienes raíces)	0%	0%	0%	0%	0%
		Protección inflacionaria	SI (51% min)	NO	NO	NO	NO
Conflictos de interés		Instrumentos de entidades relacionadas entre si	15%	15%	15%	15%	15%
		Instrumentos con nexo patrimonial con la Afore	5%	5%	5%	5%	5%

Fuente: Datos financieros, límites de inversión (2007), CONSAR

Las modificaciones al régimen de inversión en 2011⁵ contemplaron varios aspectos, entre los que destacan el aumento a los límites de inversión máxima en renta variable, incluida la autorización para que los SB1 mantuvieran en sus portafolios hasta 5% de instrumentos de renta variable, y el aumento de los límites regulatorios para el VaR de todos los fondos (ver Cuadro 3). También se autorizó la inversión de las SIEFORE en mercancías,⁶ con el propósito que éstas sirvan como cobertura natural ante la inflación, y que permitan una vinculación con el sector real de la economía, más allá de la que guardan con los mercados financieros.⁷ Sin embargo, estos instrumentos quedaron prohibidos para las SB1, así como los instrumentos estructurados - principalmente CKD y FIBRAS - tanto para infraestructura y vivienda como aquellos dirigidos al financiamiento de otro tipo de proyectos.

⁵ Se abrogó la circular CONSAR 15-27 y para reemplazarla se publicó *las Disposición de carácter general que establecen el Régimen de Inversión al que deberán sujetarse las SIEFORE* en el Diario Oficial de la Federación el 27 de julio de 2011.

⁶ Entendiéndose por mercancías oro, plata y platino a través de vehículos que autorice el Comité de Análisis de Riesgos, CAR, o los subyacentes de operaciones derivadas, enunciadas en las operaciones del Banco de México, que tengan carácter de bienes fungibles, diferentes a subyacentes de productos derivados financieros como acciones, tasas de interés, tipos de cambio, unidades de inversión y créditos, entre otros.

⁷ CONSAR, Informe Anual de Labores, 2011.

Cuadro 3. Límites de inversión en las SIEFORE
(Conforme a modificación de la política de inversión de 2011)

Tipo de riesgo	Origen	Concepto ^I	Límite por tipo de SIEFORE Básico				
			1	2	3	4	5
RIESGO DE MERCADO		Valor en riesgo (VAR histórico a un día) ^{II}	0.70%	1.10%	1.40%	2.10%	2.10%
		Renta variable ^{III/IV}	5%	25%	30%	40%	40%
		Instrumentos en Divisas (dólares, euros, yenes u otras para índices accionarios) ^V	30%	30%	30%	30%	30%
RIESGO POR	Nacional	Deuda común de mxBBB a mxAAA o en Divisas de BB a AAA	5%	5%	5%	5%	5%
		Deuda subordinada de mxBB+ a mx BBB- o en					
OTROS LIMITES		Valores extranjeros	20%	20%	20%	20%	20%
		Instrumentos <u>bursatilizados</u> ^{VII}	10%	15%	20%	30%	40%
		Instrumentos Estructurados ^{VIII}	0%	15%	20%	20%	20%
		Infraestructura o vivienda	0%	10%	13%	13%	13%
		Otros	0%	5%	7%	7%	7%
		Protección inflacionaria ^{IX}	51% (min)	NO	NO	NO	NO
		Mercancías	0%	5%	10%	10%	10%
CONFLICTOS DE INTERES		Instrumentos de entidades relacionadas entre si	15%	15%	15%	15%	15%
		Instrumentos de entidades con nexo patrimonial con la Afore ^X	5%	5%	5%	5%	5%
VEHICULOS Y CONTRATOS		Mandatos	SI	SI	SI	SI	SI
		Fondos Mutuos	SI	SI	SI	SI	SI
		Derivados	SI	SI	SI	SI	SI

^I Todos son límites máximos, excepto la protección inflacionaria que es un mínimo

^{II} Como porcentaje del activo administrado por las SIEFORE

^{III} Como porcentaje total de las SIEFORE, incluyendo los activos administrado por los mandatarios

^{IV} Incluye acciones individuales, IPO's, índices accionarios nacionales y extranjeros y obligaciones forzosamente convertibles en acciones de emisores nacionales.

^V Calificación de la emisión de mediano y largo plazo, así como del emisor y/o aval, en la proporción que corresponda. Las operaciones de reportos y derivados se computan dentro de estos límites.

^{VI} Aplica a la tenencia de todas las SIEFORE BASICAS administradas por una misma AFORE, para deuda nacional o extranjera e instrumentos estructurados. Este límite puede excederse para los CKD's si se satisfacen las condiciones en las Disposiciones del Régimen de Inversión.

^{VII} Se computan dentro de este límite las bursatilizaciones que cumplan en el anexo O con el las Disposiciones del Régimen de Inversión, las cuales se consideran emitidos por un independiente.

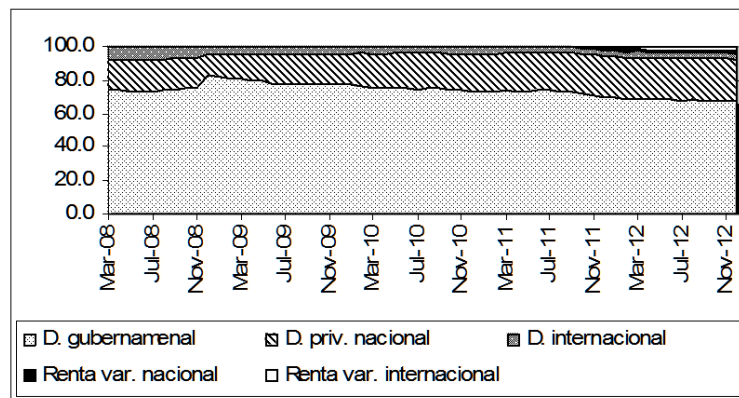
^{VIII} Incluyen los CKD's y FIBRAS. Los estructurados se dividen a su vez en dos: a) infraestructura y vivienda y b) Otros (capital privado).

^{IX} Límite mínimo de inversión en activos financieros que aseguren un rendimiento igual o mayor a la inflación en México.

^X Límite contenido en la Ley del SAR, Art. 48, fracción 10. Excepcionalmente se permite hasta un 10%. El límite es de 0% cuando son entidades financieras con nexo patrimonial.

La Gráfica 1 muestra la manera como las distintas modificaciones a la política de inversión han permitido que las SB1 disminuyan el porcentaje de deuda gubernamental e incrementen la proporción de sus carteras de deuda privada nacional y deuda internacional y empiecen a incluir instrumentos de renta variable nacional e internacional. En general, al observar la composición de las carteras de activos de fondos de inversión, es posible que la alta concentración de deuda gubernamental fuera otra razón para permitir la diversificación de las SIEFORE, además de permitir que los trabajadores tengan acceso a instrumentos con mayores rendimientos y que se reduzca el riesgo de los fondos, como se mencionó anteriormente

Gráfica 1. Tipos de SIEFORE (Julio de 2011 a octubre de 2012)



Fuente: Elaboración propia con Datos de CONSAR.

En marzo de 2008 - fecha en que empezaron a cotizar las SB2, SB3, SB4 y SB5 -, las SB1 manejaban⁸ invertían únicamente en instrumentos de deuda con un alto porcentaje de títulos gubernamentales. Al cierre de 2012, el porcentaje de deuda gubernamental había disminuido, mientras los instrumentos de renta variable nacional e internacional se habían incrementado hasta las proporciones que se muestran en el Cuadro 4 y en las Gráficas 2.a y 2.b.

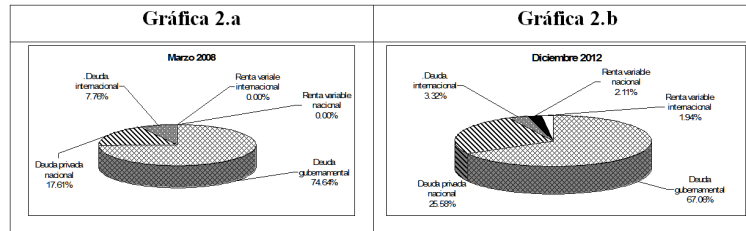
⁸ Información estadísticas de CONSAR

Cuadro 4. Composición de las carteras de inversión de las SB1

	<i>Deuda gubernamental</i>	<i>Deuda privada nacional</i>	<i>Deuda internacional</i>	<i>Renta variable nacional</i>	<i>Renta variable internacional</i>
Marzo 2008	74.6	17.6	7.8	0	0
Diciembre 2012	67.1	25.6	3.3	2.1	1.9

Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Gráficas 2a y 2b. Composición de las carteras de inversión de las SB1 en 2008 y 2012



Fuente: elaboración propia con estimaciones con datos de CONSAR.

3. Aspectos Metodológicos del Estudio Econométrico

Para poder comparar el desempeño de las distintas SIEFORE,⁹ se construyó un índice acumulativo de los precios de cierre diarios publicados por CONSAR¹⁰ de la siguiente manera:

$$I_0 = 100 \quad I_t = I_{t-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{P_{it}}{P_{it-1}} \right)}{n} \right]$$

donde:

I_t = Índice el día t .

I_{t-1} = Índice el día $t - 1$.

P_{it} = Precio de la SIEFORE i el día t .

P_{it-1} = Precio de la SIEFORE i el día anterior.

n = número de SIEFORE que cotizaron en el día.

⁹ Se construyó un índice para cada tipo de SIEFORE: SB1, SB2, SB3, SB4, SB5.

¹⁰ Estos precios de cierre diarios corresponden a los precios que publica CONSAR en su página electrónica bajo el nombre de "Precios de las SIEFORE BASICAS Registrados en la Bolsa Mexicana de Valores". Representan los precios que ofrece CONSAR para la cotización de las SIEFORE diariamente y son los mismos que CONSAR toma como base para construir su índice de rendimientos netos. Se hizo un ajuste eliminando el día 18 de noviembre de 2008, ya que este día CONSAR repitió el precio del día anterior.

A diferencia del índice de rendimientos de CONSAR,¹¹ diseñado para servir de referencia para trámites administrativos y para presentar mensualmente la estabilidad de los rendimientos como el promedio anualizado de los últimos 36 meses,¹² el índice acumulado diario tiene como propósito principal captar las variaciones que presentan los rendimientos acumulados diarios y caracterizar su comportamiento con modelos de la familia GARCH.

Los distintos tipos de SIEFORES se introdujeron en distintos momentos. Las SIEFORES Básicas 2 empezaron a funcionar en septiembre de 2004 y las SIEFORES Básicas 3, 4 y 5 en marzo de 2008.

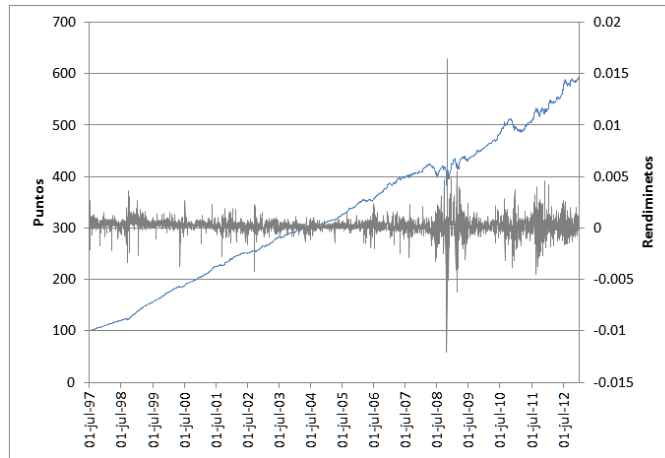
Los distintos tipos de SIEFORES se introdujeron en distintos momentos. Las SIEFORES Básicas 2 empezaron a funcionar en septiembre de 2004 y las SIEFORES Básicas 3, 4 y 5 en marzo de 2008.

En la Gráfica 3 se observa el índice de las SB1, desde el inicio de sus operaciones en julio de 1997, hasta diciembre de 2012. En esta gráfica se puede apreciar un comportamiento casi lineal a la alza en el índice, con pocas fluctuaciones durante los primeros años, reflejado en la escasa variación de los rendimientos. Este comportamiento con fluctuaciones moderadas fue el resultado de la política de inversión del gobierno, la cual limitó las inversiones de las SIEFORES solamente a los instrumentos de deuda durante sus primeros años de funcionamiento. Durante el año 2007 se aumentó la proporción autorizada de instrumentos con mayor riesgo, por lo que al presentarse la Crisis Financiera de 2008, los portafolios SB1 registraron un periodo de intensa volatilidad, hecho evidente en el comportamiento tanto del índice como de sus rendimientos.

¹¹ CONSAR Circular 71-1, Capítulo 1, Disposiciones generales, pág. 5.

¹² El índice de CONSAR se construye de la siguiente forma: $IRNi_{t-n,t} = r_{t-n,t}^i = C_t^i$ donde: $IRNi_{t-n,t}$ = Índice de Rendimiento Neto desde la fecha $t-n$ hasta la fecha t de la sociedad de inversión i , el período de $t-n$ a t corresponde a 36 meses; $r_{t-n,t}^i$ = rendimiento de gestión compuesto entre la fecha $t-n$ y la fecha para la sociedad de inversión i , para calcular este rendimiento de gestión se utilizará la serie de precios de gestión; C_t^i = comisión sobre saldo vigente en la fecha t para la sociedad de inversión i ; n = período de 36 meses por el que se está calculando el Índice de Rendimiento Neto, expresado en días naturales; t = la fecha para la que se calculará el Índice de Rendimiento Neto para traspasos y para la asignación a 36 meses. CONSAR calcula el rendimiento de gestión de los últimos 36 meses de una sociedad de inversión como: donde: = rendimiento de gestión compuesto entre la fecha y la fecha t para la sociedad de inversión i ; = el precio de gestión de la sociedad de inversión i en el día t , = es el período de 36 meses por el que se está calculando el rendimiento de gestión expresado en días naturales.

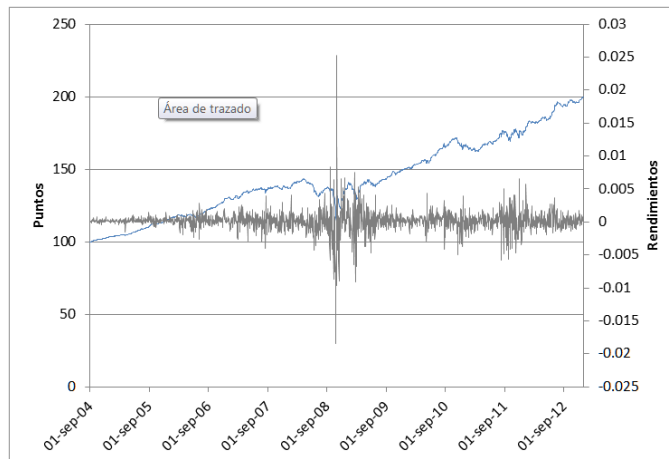
Gráfica 3. Comportamiento del índice de SB1 y sus rendimientos (1997-2012)



Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

La Gráfica 4 muestra el comportamiento del índice de la SB2, así como sus rendimientos para el periodo que va del 1 de septiembre de 2004 al 31 de diciembre de 2012. La estabilidad del primer año es gradualmente sustituida por una creciente turbulencia desde 2006, la cual se exagera durante el periodo 2008-2009, en particular durante el mes de septiembre del primero de esos años, un periodo de altísima volatilidad en el mundo y considerado el más álgido de la Crisis de las Hipotecas “*Subprime*”. Nuevamente, hacia el final del periodo de análisis, la turbulencia de los rendimientos vuelve a presentarse con intensidad durante los meses de alta turbulencia internacional causados por la Crisis de la Deuda Soberana de los países europeos.

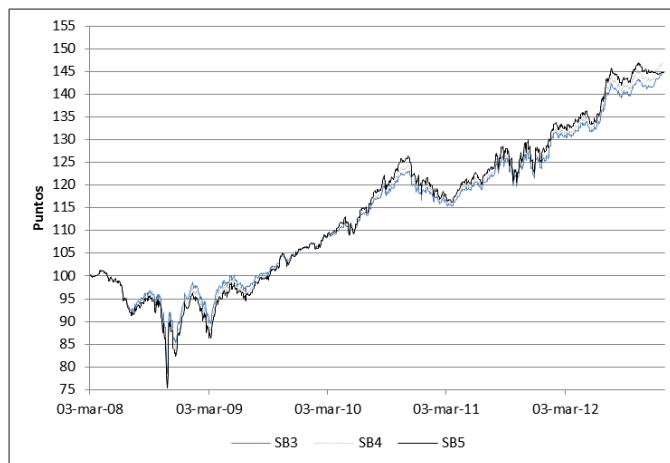
Gráfica 4. Comportamiento del índice de SB2 y sus rendimientos (2004-2012)



Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

La Gráfica 5 muestra el comportamiento de los índices de las SB3, SB4 y SB5 que comienzan a cotizar en marzo de 2008, apenas unos cuantos meses antes de la intensa turbulencia financiera internacional desatada por la quiebra del banco de inversión Lehman Brothers en Estados Unidos. Aun cuando se toma en cuenta la diferencia de escalas entre las Gráficas 3 y 4 (la SB1 ya llevaba más de diez años en el momento de presentarse la Crisis Financiera de 2008), es evidente que la mayor proporción de títulos con riesgo en las cuatro nuevas SIEFORES resultó en una mayor volatilidad de los rendimientos y de la valuación de estos portafolios. Aun cuando existe una tenue diferenciación en cuanto al comportamiento observado por cada una de las SIEFORES de este grupo, su comportamiento general es muy semejante. No obstante, hacia el final del periodo estudiado, las SIEFORES más conservadoras se rezagan marginalmente respecto a las más agresivas.

Gráfica 5. Comportamiento de los índices de SB3, SB4 y SB5 (2008-2012)

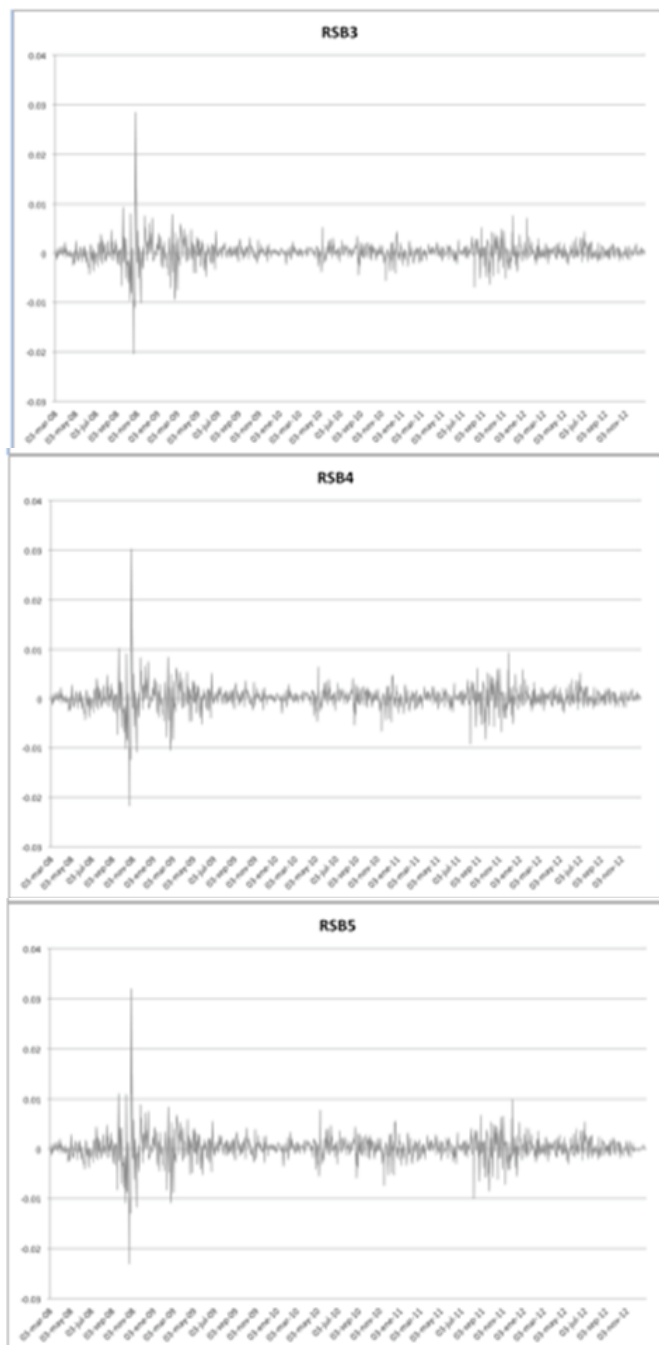


Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Por lo que respecta a la volatilidad en los rendimientos de SB3, SB4 y SB5, se observa un comportamiento muy similar. En la Gráfica 6 es muy evidente la turbulencia relacionada con la crisis financiera que se presentó hacia finales del año 2008 y los primeros meses del año siguiente, así como la nueva fase de incertidumbre registrada durante 2011, esta vez explicada por la amenaza de que Grecia, Portugal, Irlanda y España incumplieran sus compromisos de deuda soberana.

Tanto debido a la composición de los portafolios, cuya estructura incorporó instrumentos de mayor riesgo desde el comienzo de su cotización, cuanto debido a la excepcional turbulencia observada en los mercados financieros durante todos los años de observación, los rendimientos de estas SIEFORES registraron una volatilidad cambiante en el tiempo, con clusters de alta volatilidad y con una gran semejanza en el comportamiento de las tres SIEFORES descritas, ya que las diferencias en la composición de sus portafolios son apenas marginales (Ver Gráfica 6).

Gráfica 6. Rendimientos de las SB3, SB4 y SB5 (2008-2012)



Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Frecuentemente se ha comentado que la crisis financiera en Estados Unidos no tuvo consecuencias notables en México debido a que los bancos mexicanos (y otros intermediarios) no habían invertido en títulos “Subprime”. No obstante, al observar el comportamiento de la volatilidad de los rendimientos de las SIEFORES, un segmento de la mayor importancia dentro del mercado financiero mexicano, tal comentario parece excesivamente benigno. La evidencia disponible constata que los efectos de la crisis fueron significativos para los fondos de pensión privados en México.

La fuerte turbulencia que afectó a los mercados financieros durante la crisis financiera 2007-2009 ejemplifica los niveles de inestabilidad que pueden llegar a prevalecer, y la probabilidad, por baja que ésta sea, de que un episodio semejante (o aún más grave) pudiera surgir en el futuro realzan la importancia de estudiar el riesgo y rendimiento de las SIEFORES mexicanas.

Es difícil exagerar la importancia socioeconómica (e incluso, política) de garantizar el valor de los recursos invertidos por las SIEFORES para sufragar un retiro digno para los trabajadores. Esa es la principal motivación para estudiar y comprender mejor la naturaleza econométrica de las series. Es la única manera de estar en condiciones de desarrollar mejores modelos y estrategias de protección contra eventuales shocks del mercado.

Las herramientas tradicionales de administración de riesgo de portafolios de inversión contemplan principalmente la utilización de rendimientos y volatilidad históricos. No obstante, la evidencia que se presenta en la siguiente sección sugiere que ambas características son cambiantes en el tiempo y, con base en los resultados del análisis econométrico, es posible afirmar que también presentan “memoria larga”.¹³

4. Análisis Econométrico

Para probar la hipótesis de presencia de memoria larga en las series de rendimientos se siguió una estrategia exploratoria. En primera instancia se analizaron los descriptores estadísticos de los logaritmos de las observaciones diarias de los índices de las distintas SIEFORES. Los principales parámetros se presentan en el Cuadro 5, a continuación:

¹³ El concepto de “memoria larga” en una serie de datos financieros se refiere a la persistencia de las innovaciones durante periodos mucho más largos que los correspondientes a las series típicas.

Cuadro 5. Parámetros descriptivos de las transformaciones logarítmicas de niveles y rendimientos diarios de las cinco SIEFORES

Primera Parte: Valores en Niveles					
	LSB1	LSB2	LSB3	LSB4	LSB5
<i>Periodo</i>	01-jul-97 al 31-dic-12	1-sep- 04 al 31 -dic-12	3-mar-08 al 31-dic-12	3-mar-08 al 31-dic-12	3-mar-08 al 31-dic-12
<i>Media</i>	5.693558	4.949647	4.727559	4.728035	4.730907
<i>Mediana</i>	5.757103	4.933323	4.752624	4.756024	4.762621
<i>Máximo</i>	6.385477	5.297688	4.975679	4.99052	4.989568
<i>Mínimo</i>	4.604302	4.60573	4.364254	4.343729	4.323713
<i>Desviación Estándar</i>	0.469143	0.183621	0.136316	0.14319	0.150592
<i>Asimetría</i>	-0.612524	0.009395	0.008031	-0.010692	-0.073021
<i>Curtosis</i>	2.422204	2.109563	1.961204	1.972535	1.937973
<i>Jarque-Bera</i>	297.8915	69.34155	54.50743	53.33519	58.03606
<i>Probabilidad</i>	0	0	0	0	0
<i>Suma</i>	22187.8	10384.36	5729.801	5730.378	5733.859
<i>Suma de Cuadrados</i>	857.4909	70.70386	22.5028	24.82953	27.46297
<i>Observaciones</i>	3897	2098	1212	1212	1212

Cuadro 5. Parámetros descriptivos de las transformaciones logarítmicas de niveles y rendimientos diarios de las cinco SIEFORES

Segunda Parte: Valores en Diferencias					
	DLSB1	DLSB2	DLSB3	DLSB4	DLSB5
<i>Media</i>	0.045655	0.032983	0.030714	0.031952	0.030684
<i>Mediana</i>	0.049373	0.039592	0.044945	0.053225	0.041373
<i>Máximo</i>	3.785337	5.833976	6.541857	6.955709	7.366817
<i>Mínimo</i>	-2.768683	-4.237571	-4.697541	-4.999337	-5.312102
<i>Desviación Estándar</i>	0.200295	0.370512	0.516397	0.577824	0.619263
<i>Asimetría</i>	0.919693	1.192668	1.098586	0.864501	0.81844
<i>Curtosis</i>	57.23306	49.52024	35.00863	29.14347	27.79616
<i>Jarque-Bera</i>	478130.8	189678.6	51983.69	34638.14	31185.2
<i>Probabilidad</i>	0	0	0	0	0
<i>Suma</i>	177.9188	69.19756	37.22545	38.69338	37.1887
<i>Suma de Cuadrados</i>	156.2999	287.8746	322.9329	403.9951	464.4016
<i>Observaciones</i>	3896	2097	1211	1211	1211

Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Es importante destacar que, al tener una mayor antigüedad, la SB1 alcanza un nivel de valor por encima del resto de las SIEFORES. La SB2, introducida hasta 2004, alcanza el segundo nivel máximo más alto y, como es lógico suponer,

las tres SIEFORES introducidas hasta 2008, quedan por debajo de las dos anteriores.

En ninguna de las series, ni en niveles ni en primeras diferencias, deja de rechazarse la hipótesis nula que supone normalidad en la distribución de los datos, según el estadístico de Jarque-Bera. Es posible corroborar lo anterior mediante los índices de asimetría, y mediante la medición de la kurtosis, cuyos parámetros tampoco corresponden los observados en distribuciones normales, particularmente en el caso de las series en primeras diferencias.

En seguida se realizaron pruebas de raíz unitaria para asegurar la factibilidad de utilizar los rendimientos de las SIEFORES en la modelación ARMA. No es posible rechazar la hipótesis de presencia de raíz unitaria en las series en niveles, pero sí es posible hacerlo en las series en primeras diferencias, según se reporta en el Cuadro 6:

Cuadro 6: Pruebas de raíz unitaria
(Nivel de significancia de la prueba estadística correspondiente)

	1	2	3	4	5	6	7	8
	ADF	ADFC	ADFN	PP	PPC	PPN	KPSS	KPSSC
LSB1	0.1298	<.01	1.0000	0.1094	<.01	1.0000	<.01	<.01
LSB2	0.2254	0.8856	0.9998	0.2101	0.8848	0.9998	<.01	<.01
LSB3	0.0188	0.9552	0.9785	0.0223	0.9535	0.9780	<.01	<.01
LSB4	0.0263	0.9560	0.9762	0.0285	0.9528	0.9747	<.01	<.01
LSB5	0.0310	0.9312	0.9665	0.0347	0.9271	0.9647	<.01	<.01
DLSB1	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01
DLSB2	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	>.10	>.10
DLSB3	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	>.10	>.10
DLSB4	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	>.10	>.10
DLSB5	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	>.10	>.10

1 Dickey Fuller Aumentada con intercepto y tendencia; H_o : la serie tiene raíz unitaria

2 Dickey Fuller Aumentada con intercepto solamente; H_o : la serie tiene raíz unitaria

3 Dickey Fuller Aumentada sin intercepto ni tendencia; H_o : la serie tiene raíz unitaria

4 Phillips Perron, con intercepto y tendencia; H_o : la serie tiene raíz unitaria

5 Phillips Perron, con intercepto solamente; H_o : la serie tiene raíz unitaria

6 Phillips Perron, sin intercepto ni tendencia; H_o : la serie tiene raíz unitaria

7 KPSS con intercepto y tendencia; H_o : la serie es estacionaria

8 KPSS con intercepto solamente; H_o : la serie es estacionaria

Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Llama la atención el resultado de la prueba de estacionariedad KPSS (Kwiatkowski, D.; Phillips, P.C.B.; Schmidt, P.; Shin, Y., 1992) aplicada a las

primeras diferencias de los logaritmos de la SB1. El valor de la prueba indica la presencia de una raíz unitaria pero, puesto que la hipótesis nula de la prueba postula estacionariedad de la serie, al rechazarse con un nivel de significancia menor al 1% se estaría en presencia de una serie $I(2)$,¹⁴ algo totalmente extraordinario en econometría financiera. Por lo tanto, y dada la consistencia del resto de las pruebas de raíz unitaria para rechazar la presencia de la misma en todas las series en primeras diferencias, se concluyó que la explicación podría consistir en la presencia de alguna ruptura estructural en la serie SB1. Esta hipótesis se explora con mayor detalle un poco más adelante.

Con base en los resultados anteriores, se optó por una estrategia de modelaje que comenzó con la identificación del orden apropiado de los modelos ARMA de las series de rendimientos de las SIEFORES, basado en el criterio de minimizar el valor del estadístico de información de Akaike. Se seleccionaron las especificaciones que se presentan a continuación, en el Cuadro 5:

Cuadro 6: Pruebas de raíz unitaria
(Nivel de significancia de la prueba estadística correspondiente)

SB1	(5,5)
SB2	(4,5)
SB3	(5,4)
SB4	(4,5)
SB5	(5,5)

*Las rejillas de selección completas se presentan en el Cuadro A1, en el Anexo 1. Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Al estimar el modelo ARMA correspondiente a la serie SB1, se tomaron en cuenta los resultados aparentemente contradictoria de la prueba KPSS sobre las primeras diferencias de la SB1 antes mencionados. Para verificar si la no-estacionariedad de los rendimientos logarítmicos de la SB1 puede explicarse por la presencia de algún rompimiento en la serie, se llevó a cabo la prueba de raíz unitaria en presencia de rompimientos estructurales de Perron (1997). Esta vez, los resultados de la prueba permitieron rechazar la hipótesis de presencia de una raíz unitaria, y detectaron la presencia de una ruptura estructural el día 29 de octubre de 2008, fecha coincidente con el periodo de volatilidad exacerbada detonado por la quiebra de Lehman Brothers dos semanas antes. Los resultados de la prueba de Perron para las primeras diferencias de la serie SB1 se presentan en el Cuadro 6, a continuación:

¹⁴ Integrada de orden dos.

Cuadro 6 : Prueba de Raíces Unitarias en presencia de rupturas estructurales (Perron 1997)

Muestra: 7/08/1997 a 12/31/2012		
Número de Observaciones: 3897		
Hipótesis Nula: RSB1 tiene raíz unitaria con rompimiento estructural tanto en la tendencia como en el intercepto de la serie		
Longitud de rezagos elegida: 0 (Rezago máximo: 1)		
Fecha de la ruptura estructural: 10/29/2008		
		Estadístico- t
Prueba de Perron para Raíz Unitaria		-49.34819
1% valor crítico:		-6.32
5% valor crítico:		-5.59
10% valor crítico		-5.29

Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Con base en los resultados anteriores, y para incorporar el rompimiento estructural identificado por la prueba de Perron (1997) en el modelaje de la serie de rendimientos de la SB1, se agregó una variable dummy con valores “cero” en todas las observaciones, excepto a la del 29 de octubre de 2008, a la cual se asignó el valor “uno”. El valor del estadístico de significancia del coeficiente correspondiente a la dummy resultó significativo a menos del 1%, indicando que el rompimiento identificado fue muy significativo en el modelo ARMA de la serie de referencia. En el Cuadro 7 se presentan los resultados de las estimaciones de los modelos ARMA para las cinco SIEFORES.

Cuadro 7: Modelos ARMA estimados (Primera Parte)

	SB1 (5,5)*		SB2(4,5)*		SB3 (5,4)*	
Variable	Coeficiente	p	Coeficiente	P	Coeficiente	P
<i>m</i>	0.026195215	< 0.01	0.0330	< 0.01	0.0421	< 0.01
<i>dummy</i>	2.876950193	< 0.01	-	-	-	-
<i>f</i> ₁	-0.325283539	0.14093	1.6063	< 0.01	-0.1160	0.7010
<i>f</i> ₂	0.41222433	< 0.01	-1.3063	< 0.01	1.2011	< 0.01
<i>f</i> ₃	0.935427266	< 0.01	1.4501	< 0.01	0.1982	0.5400
<i>f</i> ₄	0.156694692	0.34067	-0.8851	< 0.01	-0.4994	0.0145
<i>f</i> ₅	-0.182525589	0.07216	-	-	0.1842	0.0430
<i>q</i> ₁	0.592827	< 0.01	-1.2867	< 0.01	0.5025	0.1004
<i>q</i> ₂	-0.247351335	0.01926	0.8223	< 0.01	-1.1342	< 0.01
<i>q</i> ₃	-1.014187371	< 0.01	-1.1004	< 0.01	-0.7087	< 0.01
<i>q</i> ₄	-0.38006346	0.04152	0.4287	< 0.01	0.3406	0.2642
<i>q</i> ₅	0.050933836	0.57169	0.3030	< 0.01	-	-
ARCH(1) ML	161.409898	< 0.01	687.1400	< 0.01	268.4481	< 0.01

Cuadro 7: Modelos ARMA estimados (Segunda Parte)

	SB4 (4,5)*		SB5 (5,5)*	
<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>p</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>P</i>
<i>M</i>	0.0004	< 0.01	0.0291	0.1315
<i>f</i> ₁	-0.1852	0.5551	1.6022	< 0.01
<i>f</i> ₂	-0.0437	0.8395	-1.2421	< 0.01
<i>f</i> ₃	0.3700	0.0656	1.4334	< 0.01
<i>f</i> ₄	0.7781	0.0065	-0.8152	< 0.01
<i>f</i> ₅			-0.0479	0.6109
<i>q</i> ₁	0.4983	0.1103	-1.3109	< 0.01
<i>q</i> ₂	0.1319	0.2960	0.7812	< 0.01
<i>q</i> ₃	-0.3853	< 0.01	-1.1234	< 0.01
<i>q</i> ₄	-0.9623	< 0.01	0.3910	0.0125
<i>q</i> ₅	-0.2826	< 0.01	0.3510	< 0.01
ARCH(1) ML	205.9522	< 0.01	191.4149	< 0.01

*Los valores en paréntesis indican el orden del modelo ARMA seleccionado según el criterio de Akaike para cada SIEFORE.

Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Cabe destacar que en todos los casos la prueba de multiplicador de Lagrange (ARCH(1) ML) rechaza la hipótesis nula de ausencia de efectos de heteroscedasticidad condicional auto regresiva (ARCH) con una significancia menor al 1%, confirmando que el proceso de la varianza de los rendimientos es variante en el tiempo y que, por lo tanto, puede modelarse mediante la incorporación de las observaciones anteriores de volatilidad (varianza).

Existen diversas opciones para modelar la varianza condicional variante en el tiempo mediante especificaciones de la familia ARCH. En este trabajo se efectuaron estimaciones de la ecuación de la varianza de los rendimientos de las SIEFORES con los modelos GARCH(1,1),¹⁵ TARARCH(1,1),¹⁶ IGARCH(1,1)¹⁷ y FIGARCH(1,1),¹⁸ especificando en todos los casos la ecuación de la media de acuerdo con los modelos ARMA presentados en el Cuadro 7.

¹⁵ Bollerslev (1986) extendió el modelo ARCH de Engle (1982), de forma tal que se puede modelar la volatilidad (varianza) cambiante en el tiempo en el periodo actual con un menor número de parámetros al tomar en cuenta el valor de la propia volatilidad cambiante en periodos pasados, dependiendo del orden del modelo.

¹⁶ Este modelo fue desarrollado por Rabemananjara y Zakoian (1993) y Zakoian (1994) para tomar en cuenta la presencia de efectos asimétricos en la volatilidad condicional.

¹⁷ Cuando la suma de los parámetros relevantes del modelo GARCH es cercana o igual a la unidad, es posible que se trate de un modelo I(1), por lo que se motivó el desarrollo del modelo IGARCH, véase Engle y Bollerslev (1986).

¹⁸ Baillie *et al.* (1996) propusieron el modelo GARCH fraccionalmente integrado (FIGARCH) y mostraron que puede mejorar el modelado de la dinámica de la volatilidad si

Entre las estimaciones de las distintas especificaciones ARMA GARCH se observó bastante similitud en los valores de los coeficientes de los modelos GARCH y TARCH, los cuales también presentan los mismos signos. Naturalmente, la excepción es el coeficiente relacionado con el efecto asimétrico en la volatilidad (varianza) condicional, propio solamente de la especificación TARCH, cuya significancia estadística es del 5%. También se puede observar que la persistencia en la volatilidad es muy alta en ambos modelos. Es decir, que los choques en la volatilidad no se disipan en forma rápida. El modelo IGARCH, cuya restricción establece que la suma de los efectos ARCH y GARCH sea igual a la unidad, es dominado en términos de los criterios de información por los modelos GARCH y TARCH. En la última especificación (ARFIMA-FIGARCH), se considera la posibilidad de que existan efectos de memoria larga (o dependencia de largo plazo) tanto en los rendimientos como en la volatilidad de éstos. Los resultados indican la presencia de tales efectos en cualquier nivel de significancia convencional. Las estimaciones de los distintos modelos ARMA-GARCH se presentan en el Cuadro 8, a continuación.

Cuadro 8. Modelos ARMA-GARCH: SB1

Parámetros	GARCH(1,1)		TARCH(1,1)		IGARCH(1,1)		FIGARCH(1,1)	
	Coefficiente	p	Coefficiente	p	Coefficiente	P	Coefficiente	p
<i>M</i>	0.0523	< 0.01	0.0401	< 0.01	0.0493	< 0.01	0.0584	< 0.01
<i>dummy</i>	2.8095	< 0.01	2.8210	< 0.01	3.0579	< 0.01	0.1929	< 0.01
<i>f₁</i>	1.5999	< 0.01	1.5342	< 0.01	-0.2666	0.0411	-0.4572	0.0137
<i>f₂</i>	-1.1463	< 0.01	-0.9774	< 0.01	0.1077	0.3578	-0.0428	0.7759
<i>f₃</i>	0.5753	0.0488	0.3808	0.0783	-0.0388	0.7102	-0.4085	< 0.01
<i>f₄</i>	0.3470	0.1315	0.4897	< 0.01	0.3193	< 0.01	0.0715	0.5453
<i>f₅</i>	-0.3767	< 0.01	-0.4280	< 0.01	0.4485	< 0.01	0.5382	< 0.01
<i>q₁</i>	-1.4035	< 0.01	-1.3385	< 0.01	0.4825	< 0.01	0.4031	0.0370
<i>q₂</i>	0.8684	< 0.01	0.7169	< 0.01	0.0038	0.9754	-0.0928	0.5222
<i>q₃</i>	-0.3743	0.1222	-0.2142	0.2340	0.0792	0.4335	0.2987	0.0004
<i>q₄</i>	-0.4474	0.0178	-0.5559	< 0.01	-0.2751	< 0.01	-0.1608	0.1260
<i>q₅</i>	0.3613	< 0.01	0.3960	< 0.01	-0.4068	< 0.01	-0.5601	< 0.01
<i>w</i>	0.0004	< 0.01	0.0004	< 0.01	-	-	0.0008	< 0.01
<i>a</i>	0.1651	< 0.01	0.1198	< 0.01	0.0848	< 0.01	0.1675	0.1201
<i>b</i>	0.8325	< 0.01	0.8380	< 0.01	0.9152	< 0.01	0.5042	< 0.01
<i>g</i>	-	-	0.0809	0.0529	-	-	-	-
<i>d_m</i>							0.2598	< 0.01
<i>d_s</i>							0.5591	< 0.01
Criterios de información								
<i>Akaike</i>	-1.2765		-1.2814		-1.2198		-1.2815	
<i>Schwarz</i>	-1.2523		-1.2556		-1.1989		-1.2542	
<i>Hannan-Quinn</i>	-1.2679		-1.2722		-1.2124		-1.2718	

se incluye un parámetro para tomar en cuenta los efectos de memoria larga. Chung (1999) propone un mejor método para estimar el modelo, las estimaciones presentadas en este trabajo se basan en dicho método. Esta especificación se incluyó en nuestro análisis debido a que los coeficientes estimados de los otros modelos de la familia ARCH sugieren un proceso de la varianza altamente persistente y probablemente no estacionario como el que trata de modelarse mediante una especificación FIGARCH.

*Los valores en paréntesis indican el orden del modelo ARMA seleccionado según el criterio de Akaike para cada SIEFORE.

En las estimaciones relacionadas con la SB2, en el Cuadro 9, se observa que la consistencia entre los valores y signos de los coeficientes estimados para las ecuaciones de la media en los diferentes modelos es mucho menor. También se observa evidencia altamente significativa del efecto asimétrico en la volatilidad (varianza) condicional. En los modelos GARCH y TARCH se observa ahora con mayor claridad que es muy alta la persistencia en la volatilidad, ya que en todos los casos la suma de los coeficientes relevantes supera la unidad. Sin embargo, los coeficientes estimados del modelo ARFIMA-FIGARCH muestran sólo evidencia de memoria larga en la volatilidad, aunque mucho más moderada que en el caso de la SB1.

Cuadro 9. Modelos ARMA-GARCH: SB2

Parámetros	GARCH(1,1)		TARCH(1,1)		IGARCH(1,1)		FIGARCH(1,1)	
	Coefficiente	p	Coefficiente	p	Coefficiente	P	Coefficiente	p
<i>M</i>	0.0523	< 0.01	0.0401	< 0.01	0.0493	< 0.01	0.0584	< 0.01
<i>dummy</i>	2.8095	< 0.01	2.8210	< 0.01	3.0579	< 0.01	0.1929	< 0.01
<i>f₁</i>	1.5999	< 0.01	1.5342	< 0.01	-0.2666	0.0411	-0.4572	0.0137
<i>f₂</i>	-1.1463	< 0.01	-0.9774	< 0.01	0.1077	0.3578	-0.0428	0.7759
<i>f₃</i>	0.5753	0.0488	0.3808	0.0783	-0.0388	0.7102	-0.4085	< 0.01
<i>f₄</i>	0.3470	0.1315	0.4897	< 0.01	0.3193	< 0.01	0.0715	0.5453
<i>f₅</i>	-0.3767	< 0.01	-0.4280	< 0.01	0.4485	< 0.01	0.5382	< 0.01
<i>q₁</i>	-1.4035	< 0.01	-1.3385	< 0.01	0.4825	< 0.01	0.4031	0.0370
<i>q₂</i>	0.8684	< 0.01	0.7169	< 0.01	0.0038	0.9754	-0.0928	0.5222
<i>q₃</i>	-0.3743	0.1222	-0.2142	0.2340	0.0792	0.4335	0.2987	0.0004
<i>q₄</i>	-0.4474	0.0178	-0.5559	< 0.01	-0.2751	< 0.01	-0.1608	0.1260
<i>q₅</i>	0.3613	< 0.01	0.3960	< 0.01	-0.4068	< 0.01	-0.5601	< 0.01
<i>w</i>	0.0004	< 0.01	0.0004	< 0.01	-	-	0.0008	< 0.01
<i>α</i>	0.1651	< 0.01	0.1198	< 0.01	0.0848	< 0.01	0.1675	0.1201
<i>b</i>	0.8325	< 0.01	0.8380	< 0.01	0.9152	< 0.01	0.5042	< 0.01
<i>g</i>	-	-	0.0809	0.0529	-	-		
<i>d_m</i>							0.2598	< 0.01
<i>d_s</i>							0.5591	< 0.01
Criterios de información								
<i>Akaike</i>	-1.2765		-1.2814		-1.2198		-1.2815	
<i>Schwarz</i>	-1.2523		-1.2556		-1.1989		-1.2542	
<i>Hannan-Quinn</i>	-1.2679		-1.2722		-1.2124		-1.2718	

Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

En los Cuadros 10 y 11 se muestran los resultados de las estimaciones que corresponden a la SB3 y la SB4. Nuevamente se puede observar poca consistencia entre los valores y signos de los coeficientes estimados en las ecuaciones de la media, y evidencia sobre el efecto asimétrico en la volatilidad. En los modelos GARCH y TARCH correspondientes se pueden observar también coeficientes cuyos valores que sugieren alta persistencia en la volatilidad, pero sin que su suma llegue numéricamente a la unidad. Los modelos ARFIMA-FIGARCH otra vez brindan evidencia de memoria larga sólo en la volatilidad, pero en este caso mucho mayor, ya que superan por mucho la magnitud numérica del coeficiente de memoria larga estimado en el caso de la SB1.

Cuadro 10. Modelos ARMA-GARCH SB3

Parámetros	GARCH(1,1)		TARCH(1,1)		IGARCH(1,1)		FIGARCH(1,1)	
	<i>Coeficiente</i>	<i>p</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>p</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>p</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>p</i>
μ	0.0427	< 0.01	0.0391	< 0.01	0.0412	< 0.01	0.0005	< 0.01
ϕ_1	-0.6447	0.618	0.0160	0.7136	0.3595	< 0.01	0.9591	< 0.01
ϕ_2	0.1036	0.8683	-0.2354	< 0.01	1.0948	< 0.01	-0.6798	< 0.01
ϕ_3	0.7673	0.1156	-0.0922	0.0152	0.3308	< 0.01	1.0414	< 0.01
ϕ_4	0.1066	0.9209	-0.8830	< 0.01	-0.9525	< 0.01	-0.3504	0.252
θ_1	0.8258	0.5234	0.1645	< 0.01	-0.1719	< 0.01	0.9702	0.01
θ_2	0.0351	0.9671	0.2478	< 0.01	-1.1477	< 0.01	-0.6076	< 0.01
θ_3	-0.7818	0.0848	0.1115	< 0.01	-0.5505	< 0.01	1.0217	< 0.01
θ_4	-0.2192	8504	0.9359	< 0.01	0.8813	< 0.01	-0.2931	0.539
θ_5	0.0008	0.9965	0.1481	< 0.01	0.2020	< 0.01	-0.0988	< 0.01
ω	0.0002	0.0132	0.0002	< 0.01			0.0004	< 0.01
α	0.1665	< 0.01	0.0982	< 0.01			0.9928	< 0.01
β	0.8544	< 0.01	0.8712	< 0.01	0.1041	< 0.01	0.9502	< 0.01
γ			0.0895	0.011	0.8959	< 0.01		
d_μ							0.1806	0.528
d_σ							0.1590	< 0.01

Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Cuadro 11. Modelos ARMA-GARCH SB4

Parámetro	GARCH(1,1)		TARCH(1,1)		IGARCH(1,1)		FIGARCH(1,1)	
	<i>Coef.</i>	<i>p</i>	<i>Coef.</i>	<i>p</i>	<i>Coef.</i>	<i>p</i>	<i>Coef.</i>	<i>p</i>
μ	0.0459	< 0.01	0.0283	0.0194	0.0425	< 0.01	0.0004	< 0.01
ϕ_1	-0.0487	0.8918	-0.0065	0.9881	-0.0955	0.9132	0.6999	< 0.01
ϕ_2	0.0823	0.7797	0.2501	0.0347	-0.0663	0.8910	-1.6000	< 0.01
ϕ_3	0.5468	0.0446	0.6533	< 0.01	-0.4235	0.2078	0.8241	< 0.01
ϕ_4	-0.3872	0.1676	-0.2919	0.4114	0.4356	0.4543	-0.6707	< 0.01
ϕ_5	0.1268	0.0527	0.0987	0.1882	-0.0490	0.7414	0.1492	0.0840
θ_1	0.2878	0.4226	0.2536	0.5628	0.3376	0.6995	0.4468	0.0670
θ_2	-0.0818	0.8128	-0.2357	0.2118	0.1056	0.8776	-1.4341	< 0.01
θ_3	-0.6142	0.0601	-0.7364	< 0.01	0.3896	0.3949	0.4547	0.0370
θ_4	0.2791	0.3928	0.1845	0.6389	-0.3151	0.6119	-0.5106	0.0650
ω	0.0023	0.0173	0.0020	0.0213			0.0010	< 0.01
α	0.1634	< 0.01	0.0585	0.1234	0.1186	< 0.01	0.0102	0.9100
β	0.8276	< 0.01	0.8655	< 0.01	0.8814	< 0.01	0.8060	< 0.01
γ			0.1401	< 0.01				
d_μ							-0.0118	0.8640
d_σ							0.9328	< 0.01

Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Para el caso de las estimaciones de los modelos para la SB5, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 12, se puede repetir lo señalado para las series SB2 a SB4 sobre la congruencia entre los valores y signos estimados para la ecuación de la media y el coeficiente del efecto de asimetría. Se observa también que la suma de los coeficientes GARCH relevantes supera la unidad. No obstante las similitudes con los casos previos, es conveniente destacar que los efectos de memoria larga indican que ésta se presenta también en la ecuación de la media (los rendimientos). Sin embargo, las magnitudes estimadas son muy diferentes dependiendo del supuesto sobre la distribución de los errores. Otro punto que sobresale es que también, dependiendo de dicho supuesto, se observan valores muy dispares en el parámetro de la memoria del modelo. En ambos casos indica consistentemente que el proceso no es de memoria larga, sino de reversión a la media. Es decir, similar a un efecto de *overshooting* (sobre reacción).

Cuadro 12. Modelos ARMA-GARCH SB5

Parámetros	GARCH(1,1)		TARCH(1,1)		IGARCH(1,1)		FIGARCH(1,1)	
	Coefficiente	P	Coefficiente	P	Coefficiente	p	Coefficiente	p
μ	0.0278	0.0270	0.0182	0.2150	0.0275	0.0193	0.1663	< 0.01
σ^2	0.0427	0.7926	-0.2239	0.6689	-0.0327	0.9445	-0.0102	0.0680
α_1	1.1065	< 0.01	0.0351	0.9242	-0.2564	0.3580	0.4869	< 0.01
α_2	0.3611	0.0456	0.6698	< 0.01	0.1735	0.5866	-0.5077	< 0.01
α_3	-0.7446	< 0.01	-0.0725	0.8812	0.5839	0.0165	0.0813	< 0.01
α_4	0.0138	0.9182	0.2230	0.2546	0.1356	0.4403	0.9496	< 0.01
α_5	0.1477	0.3483	0.4110	0.4361	0.2216	0.6350	-0.0638	< 0.01
α_6	-1.1405	< 0.01	0.0042	0.9926	0.2699	0.4338	0.4616	< 0.01
α_7	-0.5915	< 0.01	-0.7085	< 0.01	-0.1519	0.6854	-0.5595	< 0.01
α_8	0.7033	< 0.01	-0.0002	0.9996	-0.6020	0.0404	0.0393	< 0.01
α_9	0.1742	0.1728	-0.1580	0.4987	-0.2306	0.1737	0.9735	< 0.01
β	0.0018	0.0290	0.0029	0.0154			0.0088	< 0.01
γ	0.1803	< 0.01	0.0872	0.0247	0.1339	< 0.01	0.9967	< 0.01
δ	0.8342	< 0.01	0.8459	< 0.01	0.8661	< 0.01	0.1078	0.8710
γ			0.1400	< 0.01				
d_μ							0.0169	< 0.01
d_σ							-0.7288	< 0.01

Fuente: elaboración propia con estimaciones basadas en datos de la CONSAR.

Los resultados anteriores corroboran que aquellos modelos que incorporan los efectos de memoria larga en el modelaje de los rendimientos y la volatilidad de las SIEFORES corresponden a las especificaciones ARFIMA-FIGARCH. La evidencia empírica permite, por lo tanto, rechazar las dos hipótesis planteadas al inicio de este trabajo, en el sentido de que es posible modelar tanto las series de rendimientos como la volatilidad de las SIEFORES sin incluir efectos de memoria larga.

5. Conclusiones

La experiencia documentada en los países que han instaurado sistemas de contribución individual al ahorro para el retiro avala ampliamente sus bondades económicas. Pero, además de representar una fuente crecientemente importante de ahorro interno, desde el punto de vista estrictamente financiero, el nuevo sistema tiene un efecto colateral de la mayor importancia sobre el dinamismo y la modernización de la industria financiera, así como sobre la multiplicación y especialización de los agentes en ella participan. Una mayor profundidad financiera también ofrece beneficios directos para la actividad del sector real de la economía, al aumentar la liquidez y reducir el costo de oportunidad de recursos para la inversión, y este tema requiere de un análisis cuidadoso y comprensivo para potenciar al máximo sus efectos. Es necesario dirigir la inversión de los recursos de las AFORES en estrecha coordinación con la política industrial del

país, con los planes de desarrollo de la infraestructura socioeconómica, y los esfuerzos de investigación y desarrollo para dar origen a nuevos productos y tecnologías.

Pero es muy importante no perder de vista que el significado último de la transición desde un sistema tradicional a un sistema de contribuciones definidas basado en cuentas individuales, es garantizar la calidad de vida y la plena satisfacción de las necesidades de la población que alcanza la edad de retiro. Ante las deficiencias administrativas del sistema tradicional, es necesario fortalecer la transparencia, la disciplina y la excelencia técnica en la conducción de la política de inversiones de los fondos para el retiro. Es indispensable garantizar que los recursos ahorrados por los trabajadores a lo largo de su vida laboral no queden expuestos a las veleidades de los mercados financieros.

Por supuesto, si el objetivo del sistema es tratar de maximizar la acumulación de ahorro en cada cuenta individual, es necesario incorporar en los portafolios de inversión algunas inversiones con riesgo, bajo la premisa de que a mayor rendimiento deseado será inevitable un mayor riesgo en las inversiones. Sin embargo, esos niveles de riesgo deben estar apropiadamente estudiados, evaluados y administrados con el propósito de minimizar la posibilidad de merma en el patrimonio de las cuentas individuales. El empleo de técnicas econométricas modernas para la medición y modelación de los rendimientos y la volatilidad de las SIEFORES permite determinar los niveles de exposición y diseñar las posibles estrategias de cobertura de riesgos. Ésta es la perspectiva adoptada en el presente trabajo: al mejorar nuestra comprensión sobre el comportamiento de los rendimientos de las SIEFORES se abre una línea de investigación de gran trascendencia social, económica y financiera.

Destaca, en primer lugar, que la volatilidad de los rendimientos de la SB1 es variante en el tiempo. Además de la variabilidad de la volatilidad, el análisis econométrico muestra que en los rendimientos y la propia volatilidad están presentes efectos de memoria larga. Es decir, los rendimientos y volatilidad presentes pueden estar autocorrelacionados con sus propios valores en periodos del pasado lejano.

La contrastación empírica de las hipótesis de trabajo propuestas al inicio de este trabajo permite rechazar con niveles de confianza muy confiables la hipótesis de que tanto los rendimientos diarios de las SIEFORES como su volatilidad solamente responden a un comportamiento estocástico con memoria de corto plazo. Es decir, en el rechazo de cada una de las dos hipótesis se corrobora la presencia de memoria larga.

Una de las principales implicaciones de la presencia de efectos de memoria larga en ambas series es que dicho comportamiento no es congruente con un proceso de movimiento (geométrico) browniano gaussiano, caso típico en que se basa buena parte de la teoría financiera convencional, sino que corresponde a un proceso descrito por un movimiento browniano fraccionario. Este fenómeno de dependencia de largo plazo en los rendimientos no es congruente con el funcionamiento conceptual de un mercado financiero eficiente, en el cual los rendimientos actuales no son afectados por aquellos observados en fechas lejanas en el pasado y este fenómeno abre una nueva y prometedora línea de investigación.

Para garantizar la solvencia de los fondos de pensiones y lograr el máximo beneficio posible para los trabajadores, es necesario recurrir a las técnicas más avanzadas al alcance, a fin de comprender el comportamiento de los procesos estocásticos que rigen su valorización, y decidir sobre las mejores estrategias dentro de un paradigma riesgo-rendimiento.

Bibliografía

- Baillie, R. T., Bollerslev, T., & Mikkelsen, H. O. (1996). Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 74(1), pp. 3-30.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31 (3), pp.307-327.
- Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro. Obtenido de CONSAR: <http://www.consar.gob.mx>
- Circulares expedidas por la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro. Obtenido de CONSAR: <http://www.consar.gob.mx/normatividad/normatividad-consar.shtml>
- Disposición de carácter general que establece el Régimen de Inversión al que deberán sujetarse las SIEFORE
- Información estadística. Obtenido de CONSAR: <http://www.consar.gob.mx/SeriesTiempo-T/Enlace.aspx?md=18>, 2012
- Informe Trimestral al H. Congreso de la Unión sobre situación del SAR, los cuatro trimestres 2010, 2011 y 2012.
- Precios históricos de las SIEFORE. Obtenido de Precios de las SIEFORE BASICAS Registrados en la Bolsa Mexicana de Valores: http://www.consar.gob.mx/principal/SIEFORE-basicas/Precios_Historicos_de_Bolsa_delas_SIEFORE_Basicas.xls, 2012.
- Chung, C. F. (1999). Estimating the Fractionally Integrated GARCH Model. National Taiwan University, Working Paper.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*. 50(4), pp. 987-1007.
- Engle, R.F., & Bollerslev, T. (1986). Modelling the Persistence of Conditional Variances. *Econometric Reviews*, 5 (1), pp. 1-50.
- Kwiatkowski, D.; Phillips, P. C. B.; Schmidt, P.; Shin, Y. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit Root. *Journal of Econometrics* 54(1-3) pp. 159-178.
- Rabemananjara, R., & Zakoïan, J.M. (1993). Threshold ARCH Models and Asymmetries in Volatility. *Journal of Applied Econometrics*, 8, pp. 31-49.
- Zakoïan, J. M. (1994). Threshold Heteroskedastic Models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18, 931-955.

Anexo

A1: Rejillas de selección, orden óptimo para modelos ARMA, según Criterio de Akaike

RSB1		MA	0	1	2	3	4	5
	AR							
	0		-0.065830	-0.385578	-0.479322	-0.486807	-0.486294	-0.485801
	1		-0.182039	-0.486425	-0.486245	-0.487262	-0.490565	-0.490056
	2		-0.243999	-0.488869	-0.492931	-0.491045	-0.491622	-0.492167
	3		-0.294733	-0.492534	-0.492389	-0.498516	-0.492226	-0.497213
	4		-0.322953	-0.492330	-0.491887	-0.491996	-0.499756	-0.492815
	5		-0.344651	-0.491957	-0.491911	-0.497421	-0.496995	-0.502697
RSB2		MA	0	1	2	3	4	5
	AR							
	0		0.853092	0.751911	0.751662	0.752563	0.752939	0.753070
	1		0.756751	0.752201	0.753041	0.750253	0.751852	0.752610
	2		0.752229	0.751493	0.751436	0.751621	0.748543	0.751422
	3		0.753566	0.752095	0.752622	0.749036	0.749974	0.746573
	4		0.754047	0.752821	0.749482	0.750421	0.745118	0.742070
	5		0.754878	0.754160	0.752705	0.753403	0.750273	0.745702
RSB3		MA	0	1	2	3	4	5
	AR							
	0		1.516945	1.386909	1.387110	1.388632	1.388838	1.389945
	1		1.396361	1.387256	1.388688	1.378287	1.382359	1.389834
	2		1.386348	1.387766	1.378279	1.387509	NA	NA
	3		1.387907	1.389109	1.388075	1.389464	NA	1.372082
	4		1.388523	1.388005	1.389721	1.370279	1.370671	1.367992
	5		1.390823	1.388255	1.383043	NA	1.363614	1.369678
RSB4		MA	0	1	2	3	4	5
	AR							
	0		-7.469437	-7.563048	-7.561826	-7.560653	-7.560189	-7.559145
	1		-7.555534	-7.560952	-7.5598	-7.561543	-7.568413	-7.558553
	2		-7.561215	-7.561346	-7.561056	-7.567493	-7.566436	-7.564842
	3		-7.559185	-7.560176	-7.558901	-7.557303	-7.564284	-7.569021
	4		-7.557557	-7.558206	-7.566098	-7.563513	-7.563339	-7.575149
	5		-7.555438	-7.565388	-7.563224	-7.564477	-7.562821	-7.573212
RSB5		MA	0	1	2	3	4	5
	AR							
	0		1.880250	1.794355	1.795967	1.797233	1.797443	1.798816
	1		1.802812	1.796783	1.787745	1.796310	1.797592	1.799238
	2		1.796705	1.796952	1.796870	1.791440	1.793118	1.801365
	3		1.798922	1.789951	1.798859	1.800506	1.786968	1.795931
	4		1.800430	1.799599	1.793882	1.795569	1.796428	1.780643
	5		1.802656	1.801919	1.803605	1.794454	1.786289	1.778606