

# VOLATILIDAD ESTOCÁSTICA DEL RENDIMIENTO DE LA SIEFORE BÁSICA 1 Y LA IDENTIFICACIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE

Área de investigación: Finanzas

**Marissa del Rosario Martínez Preece**  
Universidad Autónoma Metropolitana, Aztapozalco  
México  
[mrmp@correo.azc.uam.mx](mailto:mrmp@correo.azc.uam.mx)

**Roberto J. Santillán-Salgado**  
EGADE Business School (Tecnológico de Monterrey)  
México  
[Roberto.santillan@itesm.mx](mailto:Roberto.santillan@itesm.mx)

**Francisco López Herrera**  
División de Posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México  
[francisco\\_lopez\\_herrera@yahoo.com.mx](mailto:francisco_lopez_herrera@yahoo.com.mx)

XVIII  
CONGRESO  
INTERNACIONAL  
DE  
CONTADURÍA  
ADMINISTRACIÓN  
E  
INFORMÁTICA



Octubre 2, 3 y 4 de 2013 ♦ Ciudad Universitaria ♦ México, D.F.



ANFECA  
Asociación Nacional de Facultades y  
Escuelas de Contaduría y Administración

## VOLATILIDAD ESTOCÁSTICA DEL RENDIMIENTO DE LA SIEFORE BÁSICA 1 Y LA IDENTIFICACIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE

### Resumen

El empleo de técnicas econométricas especializadas en la medición y modelación de la volatilidad de los rendimientos de los activos financieros es de la mayor importancia para determinar los niveles de exposición y para diseñar las posibles estrategias de cobertura de riesgos de la Sociedad de Inversión para Fondos de Retiro 1. Al mejorar nuestra comprensión sobre el comportamiento de los rendimientos de la SB1, se abre una línea de investigación de gran trascendencia social y económica.

El análisis econométrico presentado en este trabajo muestra evidencia significativa de que en el proceso de los rendimientos de los portafolios SB1 están presentes efectos de memoria larga. Es decir, los rendimientos presentes pueden estar autocorrelacionados con sus propios valores observados en periodos pasados. 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.

**Palabras clave.** AFORE, Fondos de Pensión FIGARCH



## VOLATILIDAD ESTOCÁSTICA DEL RENDIMIENTO DE LA SIEFORE BÁSICA 1 Y LA IDENTIFICACIÓN DEL MODELO DE MEJOR AJUSTE

### Introducción

Es importante estudiar el desempeño de los fondos especializados en el manejo de las cuentas de ahorros para el retiro dado que de el mismo dependen las condiciones en las cuales una buena parte de la fuerza laboral mexicana enfrentará su retiro. Sin embargo, es poco el trabajo que se ha hecho para analizar las características del rendimiento y del riesgo que registran las cuentas de ahorro de los trabajadores mexicanos y que permitiría lograr una comprensión clara y amplia sobre la naturaleza de los riesgos financieros a los cuales están expuestos esos ahorros. En este trabajo se hace un primer esfuerzo para avanzar en la identificación de un modelo adecuado para analizar los rendimientos y la volatilidad de la Siefore más antigua, la Siefore Básica 1, sustentando como hipótesis que dicha volatilidad sigue un proceso estocástico que la hace variar en el tiempo.

Durante los años 1980 y 1990 numerosos países de América Latina llevaron a cabo una profunda reforma de sus Sistemas de Pensiones para el Retiro. Tradicionalmente los sistemas de pensiones se caracterizan por un mecanismo gubernamental que administra y distribuye las pensiones a los ciudadanos en retiro con los recursos aportados por los ciudadanos en edad de trabajar. A ese tipo de sistema se le conoce con el nombre de "pague mientras se va" (Pay as you go) o "de reparto", es administrado por instituciones de seguridad social, y es de uso generalizado en muchos países avanzados. No obstante, los sistemas "de reparto" adolecen de importantes limitaciones, principalmente en lo que respecta a la estabilidad de sus ingresos (y por lo tanto, de su capacidad para atender las necesidades de una población creciente en retiro), o bien en materia de justicia distributiva.

Sorprendentemente, en contraste con otras regiones cuya estructura demográfica y la madurez de su sistema de pensiones habría justificado plenamente asignar una alta prioridad al proyecto de reformar el sistema de pensiones tradicional, en América Latina no existía una razón inminente para llevar a cabo tan ambicioso proyecto. Tan sólo 10 años antes la región había experimentado profundas crisis macroeconómicas y financieras y aplicaba una serie de políticas económicas inapropiadas para impulsar el crecimiento y reducir la desigualdad económica de la población. Ante la dimensión de los retos enfrentados por los diseñadores de política económica y considerando las limitaciones técnicas y materiales de la mayoría de los países de la región, la iniciativa de llevar a cabo una reforma de "segunda generación" en materia de seguridad social difícilmente habría podido ser considerada una prioridad inmediata. (Schmidt Hebbel 1999).

Entre 1981 y 1998 ocho países latinoamericanos llevaron a cabo reformas a sus sistemas de pensiones para el retiro: Chile (1981), pero (1993), Colombia (1994), una Argentina (menos de 194), Uruguay (1995), Bolivia (1997), México (1997), y El Salvador



(1998). Una posible explicación del por qué los países de América Latina acometieron tan decididamente la transformación de sus sistemas pensionarios serían los complejos problemas administrativos y la ineficiencia y corrupción prevaleciente en las agencias estatales encargadas de administrar al sistema tradicional. Aunque también cabría una hacer la reflexión que durante el periodo de referencia los países latinoamericanos se abocaron de manera decidida al diseño y puesta en operación de numerosas reformas estructurales en los ámbitos fiscal, comercial y regulatorio; por lo mismo, la posibilidad de incluir una reforma pensionaria no fue percibida como una empresa fuera del contexto de los procesos de modernización.

Los procesos de reforma pensionaria de seguridad para los ciudadanos de edad avanzada en Latinoamérica comparten un atributo que los caracteriza y diferencia con respecto a otras regiones. Se trata de la utilización de un segundo componente íntegramente financiado, adicional al sistema tradicional, basado en contribuciones individuales administradas por compañías descentralizadas especializadas en el manejo de fondos de pensiones. La función de esas entidades consiste en invertir dichos recursos en los mercados financieros y administrarlos prudentemente para cumplir con los objetivos establecidos, al tiempo que buscan maximizar el rendimiento de las inversiones para maximizar el monto del fondo individual. Adicionalmente, al tratarse de empresas privadas que participan en un mercado donde existen otros agentes similares garantiza, al menos conceptualmente, elevados niveles de eficiencia y calidad en la prestación de sus servicios, gracias a la amenaza permanente de ser desplazadas el mercado por competidores mejor administrados por. Este segundo pilar es regulado y supervisado por la autoridad gubernamental, y opera en forma paralela al sistema de pensiones por el gobierno.

Algunos analistas han cuestionado la capacidad del sistema de contribuciones individuales para incidir en los niveles de ahorro interno de los países, debido a que podría concebirse que como resultado de su entrada en el mercado, podrían representar para los trabajadores un mecanismo que sustituyera el ahorro personal en instituciones bancarias o mediante instrumentos del mercado bursátil. Es decir, podría presumirse que la introducción del sistema de contribuciones individuales potencialmente desplazaría a otras formas de ahorro personal y, en tal sentido, generaría un efecto de desintermediación financiera, como efecto colateral no deseado.

No obstante, algunos otros especialistas han argumentado en contra de esa posición; Walker (2000), por ejemplo, sostiene que aún en el caso poco probable de que el volumen de ahorro total no se incremente<sup>1</sup>, los fondos de pensión dinamizan el proceso de capitalización del mercado, lo cual puede tener un efecto positivo en el crecimiento y bienestar económico debido a una mejor asignación de recursos. El mismo autor argumenta

---

<sup>1</sup> El efecto de la reforma de pensiones en el ahorro depende de varias características, tanto de la reforma como de la economía, entre ellas: (1) el financiamiento de la transición hacia el nuevo sistema; (2) la magnitud de la disminución del ahorro voluntario debido al ahorro obligatorio y; (3) las motivaciones que se ofrezcan para inducir que los trabajadores se cambien de sistema.



a favor de que la creación de un sistema de contribuciones individuales al hacer notar que a medida que los agentes administradores de los fondos pensionarios requieren de nuevos y más modernos esquemas de inversión, cobertura y diversificación de riesgo. También sugiere que la reforma de pensiones incentiva la investigación financiera y contribuye a profundizar el conocimiento de los mercados de capitales donde se implanta. Adicionalmente, argumenta, la acumulación de fondos que deben ser invertidos también llega a incidir en la viabilidad de nuevos proyectos productivos, de infraestructura u otros, que requieren financiamiento de largo plazo y que hasta el momento no habían sido factibles.

Es posible argumentar que la profundización del mercado financiero, la ampliación de la gama de instrumentos disponibles, el aumento de la liquidez y la necesaria modernización de los mecanismos de operación contribuye al logro de una mayor diversificación del riesgo de los portafolios de inversiones, cuyo el resultado final debería a ser elevación en los niveles de inversión de renta en la economía (Singh, 1997). Por esa razón, la posibilidad de impulsar indirectamente el desarrollo del mercado de capitales mediante la creación de un sistema de contribuciones individuales para el retiro representa una motivación interesante para que aquellos países que aún no la han adoptado consideren seriamente hacerlo. Al transformarse en un negocio privado, cuyo principal objetivo es operar de manera rentable en un entorno competitivo, se promueve la eficiencia y la calidad del servicio. Al mismo tiempo, al contar con la posibilidad de invertir una masa creciente de recursos financieros en una variedad amplia de activos financieros y de proyectos de inversión, las administradoras de fondos de pensiones devienen agentes de cambio y modernización del mercado financiero y de la actividad económica en su conjunto.

### **Las Administradoras de Fondos de Pensiones y la intensificación de la competencia en la intermediación financiera**

Ante el desarrollo de esquemas de inversión innovadores y de nuevos vehículos de financiamiento por parte de las entidades Administradoras de Fondos de Pensiones, los bancos comerciales se ven obligados a ser más competitivos y a adoptar estrategias proactivas en la entrega de sus servicios. De igual forma, gracias a la creciente participación de estas nuevas entidades intermediarias en la absorción de nuevas emisiones de títulos, los costos de transacción en el mercado secundario y en la emisión de títulos de financiamiento se reducen, como reflejo de menores costos de mercadotecnia y monitoreo de las emisiones, tal como lo demuestran estudios de Hansen y Pinkerton (1982) y Hansen y Torregrosa (1992).

Adicionalmente, la disminución de las comisiones pagadas por los inversionistas está asociada al crecimiento en el volumen de las transacciones de instrumentos bursátiles y las economías de escala, gracias a la creciente participación de las entidades Administradoras de Fondos de Pensiones. Es precisamente en ese sentido que Iglesias (1998) argumenta que la creación de un sistema de pensiones puede acarrear una



disminución en el costo de los fondos para las empresas, debido a la creciente masa de ahorros financieros disponibles en el mercado, en contraste a otros tipos de riqueza (capital privado, tierra, oro, etc.).

Sin embargo, aunque es posible anticipar con razonable certeza que la mayoría de los beneficios escritos pueden ser alcanzados, es necesario profundizar en los cambios estructurales requeridos por la industria financiera para lograr efectivamente traducirlos en una disminución del costo de las fuentes de financiamiento para la economía real.

Walker (2000), por ejemplo, plantea tres posibles vías a través de las cuales se podría lograr el efecto deseado: (1) menores costos directos de emisión de los instrumentos financieros, (2) menor “premio por liquidez” y, (3) menor “premio por riesgo”.

En cuanto a los costos directos de emisión, el desarrollo global del mercado de capitales tiende a reducirlos aprovechando los beneficios de las economías de escala, la estandarización y la creciente eficiencia de la tecnología utilizada lo que conduce, naturalmente, a un menor costo de los recursos financieros para las empresas, aunque resulta difícil estimar el impacto marginal atribuible exclusivamente a la existencia de las Administradoras de Fondos de Pensiones. Sin embargo, una manera indirecta para evaluar el efecto de la reducción de costos de capital para las empresas es considerar la importancia relativa que las inversiones de las Administradoras de Fondos de Pensiones pueden llegar a alcanzar respecto al total de inversiones que concurren en el mercado financiero. Así, si los fondos de pensiones llegan a absorber una fracción cada vez más importante de las nuevas emisiones de títulos financieros, esto puede reflejarse como una “tasa de rendimiento requerida” más accesible desde el punto de vista del emisor.

El sistema de las Administradoras de Fondos de Pensiones enfrenta y resuelve exitosamente el problema de un estrechamiento de la base de la pirámide poblacional, que en el sistema de pensiones anterior soportaba a la creciente población en edad de jubilación, al introducir el concepto de cuenta “personal”, gracias a la cual, a lo largo de su vida laboral el ciudadano acumula los recursos que consumirá durante sus años de retiro. Pero, en el ámbito de influencia del sistema de pensiones privado rebasa el contexto puramente fiscal, ya que también incrementa de manera significativa el ahorro doméstico y crea una base de capital para impulsar a los distintos sectores de la economía.

También es posible atribuir a la participación de las Administradoras de Fondos de Pensiones como inversionistas institucionales en el mercado de capitales, efectos modernizadores de naturaleza cualitativa en términos de la adaptación de la regulación, el ingreso y creciente participación de nuevos intermediarios, así como prestadores de servicios especializados, y la diversificación de la oferta de nuevos productos financieros.

En tal virtud, al incidir positivamente sobre la eficiencia y organización del mercado de capitales, la adopción de un sistema de pensiones privado en países emergentes actúa como catalizador para acelerar el proceso de maduración de las instituciones del mercado de capitales. Al mismo tiempo, actúa como impulso del desarrollo de esquemas regulatorios y de supervisión confiables, transparentes y eficientes, diseñados para minimizar los riesgos



a los cuales están expuestas las inversiones realizadas a nombre de los trabajadores como contribuciones a sus fondos para el retiro. Promueve la diversificación de opciones de inversión-financiamiento disponibles y contribuye a hacer el mercado financierocada vez "más completo". A medida que la magnitud de las tenencias de activos financieros administradas se incrementa, también es de esperar que la demanda por esquemas y mecanismos de coberturaimpulsará el desarrollo de un mercado de contratos derivados moderno y eficiente.

Es necesario insistir sobre la importancia de desarrollar armónicamente los esquemas regulatorios y de supervisión apropiados para la operación de los fondos de acumulación individual para el retiro, a fin de minimizar los riesgos inherentes a la dinámica natural del mercado financiero, así como para garantizar la competencia y el profesionalismo de los agentes comerciales participantes en la industria. La diversificación de alternativas de inversión debe ser gradual y responder a criterios de selectividad estrictos, a fin de garantizar la calidad de los activos y reducir al mínimo los riesgos inesperados. El ente regulador encargado de establecer dichos criterios y el supervisor encargado de asegurar su cumplimiento deben mantener altos estándares éticos y aplicar con toda objetividad los criterios técnicos establecidos.

La profundización del mercado financiero, el crecimiento del ahorro nacional y los beneficios colaterales que trae consigo el proceso de adopción de un sistema de pensiones privado son argumentos sólidos para promover su difusión más generalizada en los países emergentes y capitalizar los beneficios antes descritos, como sucedió en el caso de Chile a partir de su introducción en 1981 y en muchos otros países latinoamericanos que han seguido sus huellas, como Colombia, Venezuela, Perú y México, a lo largo de los años 1980.

### **El sistema de contribuciones definidas en México**

La adopción del nuevo sistema de pensiones creado en México en 1997 tuvo como principal propósito reemplazar el esquema tradicional (de reparto) existente desde la primera mitad del siglo XX, por otro financiado individualmente, más moderno y confiable. El nuevo sistema de cuotas individuales fue creado para los trabajadores que cotizan en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) pero, a partir de 2008<sup>2</sup> se incorporaron también los trabajadores del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE). A pesar de que cada día son más los trabajadores que se afilian al sistema de contribuciones definidas, el nuevo sistema pensionario aún coexiste con el esquema tradicional de beneficios definidos, el cual incluye a trabajadores de varias empresas paraestatales como, por ejemplo, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), algunos gobiernos estatales, y las fuerzas armadas principalmente, aunque la tendencia es que estos fondos de pensión se transformen progresivamente en esquemas de contribuciones definidas y que se manejen mediante cuentas individuales administradas manera privada.

El sistema tradicional de pensiones era administrado por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) desde el año 1943, y suponía la creación de reservas con base en las aportaciones que los trabajadores activos realizaban durante su vida laboral para que, años

<sup>2</sup> El 8 de diciembre de 2008 empieza a cotizar en el ISSSTE el fondo de pensiones administrado por PensionISSSTE.



más tarde, con esos recursos se financiara su retiro. El mecanismo funcionó bien en tanto el número de trabajadores pensionados representó una proporción pequeña con respecto al número total de trabajadores activos. Sin embargo, factores demográficos como la creciente longevidad de la población gracias a los avances de la medicina, la reducción de las tasas de natalidad cuyo resultado es el estrechamiento de la base de la pirámide poblacional, la disminución de la mortalidad infantil, así como el crecimiento de la proporción de los trabajadores pensionados con respecto a los trabajadores activos, comenzaron a generar problemas. Los requisitos de jubilación establecidos originalmente en el esquema del Seguro Social, muy favorables para el trabajador (requisitos relativamente fáciles para obtener una pensión vitalicia) y la administración deficiente de los recursos que canalizó gran parte de los fondos de reserva para hacer frente a las pensiones de los trabajadores retirados, hacia el financiamiento de otros servicios para el trabajador, en especial hacia los servicios de salud, fueron algunas de las razones que provocaron que la reserva se agotara y que el sistema de pensiones dejará de ser de facto un esquema de reserva, para pasar a ser un un esquema de reparto y, bajo este mecanismo emergente, las aportaciones corrientes de los trabajadores activos se canalizaran directamente al pago de las pensiones de los jubilados. Sin embargo, después de un tiempo, el sistema de reparto también evidenció desequilibrios entre las aportaciones que se realizaban y los beneficios recibidos por los trabajadores jubilados.

Alrededor de 1995, el IMSS proyectó que si se continuaba con el sistema de pensiones sin ninguna modificación, sólo se podría mantener un equilibrio hasta 2005 y, a partir de esa fecha se caería en un déficit rápidamente creciente, el cual se convertiría en responsabilidad del gobierno federal y sería demasiado costoso de financiar hacia el año 2020. Aunque se expresaron diversas opiniones, tanto de funcionarios del propio instituto como de analistas externos, sobre la magnitud del déficit que el gobierno federal tendría que asumir, todos los estudios coincidieron en señalar que el sistema de beneficios definidos, tal y como estaba estructurado, no podía mantenerse por más de 20 años sin asumir graves consecuencias sociales (Espinosa-Vega 2000).

Estas fueron algunas de las consideraciones que llevaron al reemplazo del antiguo sistema de pensiones por un sistema de contribuciones definidas, en el cual los trabajadores, empleadores y gobiernorealizarían aportaciones, durante un mínimo de 25 años, a cuentas individuales en donde se acumularían los ahorros de cada trabajador para que éstos, más adelante, estuviera en condiciones de financiar su retiro. De esa manera, bajo el nuevo esquema, cada trabajador genera su propio fondo de reserva y, por lo tanto, la magnitud de cada fondo individual dependerá del monto y de la duración del período durante el cual se realizaran aportaciones al mismo<sup>3</sup> pero, adicionalmente, el gobierno garantizaría una pensión mínima, la cual aplicaría en aquellos casos en que el trabajador no alcanzara a reunir suficientes recursos para financiar su jubilación. Por último, un factor también es importante que incidirá en el monto acumulado en el fondo de pensiones individual al momento de la inflación serán las condiciones que prevalecen en los mercados financieros a lo largo del período de acumulación, en vista de que las aportaciones realizadas serán impartidas por las entidades administradoras en un portafolios de activos cuya composición contendrá, de manera importante, títulos financieros de distinta naturaleza.

<sup>3</sup>El lapso de tiempo durante el cual se ahorra se conoce como período de acumulación



Sin embargo, el nuevo sistema pensionario no fue diseñado de manera exclusiva para resolver los problemas de retiro que enfrentaba el sistema de pensiones tradicional en México, únicamente fue una adaptación de esquemas de contribuciones definidas instituidos en otros países latinoamericanos como el de Chile en 1981, Perú en 1993, Argentina y Colombia en 1994, Uruguay en 1996, Bolivia, al igual que en México en 1997 y, en 1998, en El Salvador. Los problemas enfrentados por el sistema pensionario en nuestro país, debido a los factores previamente mencionados, son similares a los que enfrentan muchos países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo. En 1997, el esquema chileno tenía alrededor de década y media de funcionamiento y era considerado como un esquema modelo por diferentes países de América Latina, incluso la experiencia de Chile ya había atraído la atención de instituciones internacionales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional (Barrientos 1998). Sin embargo, la reforma que enfrentó el sistema de pensiones chileno en 2008, evidenció algunas de las fallas de este sistema.

### **Análisis econométrico y modelación de los rendimientos y volatilidad de la Siefore Básica 1**

En esta sección del trabajo se presentan los resultados del análisis de los rendimientos y la volatilidad de la Siefore Básica 1 (SB1). La elección de la SB1 por encima de las demás SIEFORES existentes en el mercado se debió básicamente a la mayor cantidad de observaciones diarias disponibles, lo cual refuerza la confiabilidad de las estimaciones realizadas. El periodo de análisis abarca del 1 de julio de 1997 al 31 de diciembre de 2012, lo cual representa 3902 observaciones diarias.

Para analizar el desempeño del rendimiento histórico de la SB1, se construyó un índice acumulativo diario a partir de los precios de cierre diarios publicados por CONSAR<sup>4</sup> 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

<sup>4</sup> Estos precios de cierre diarios corresponden a los precios que publica CONSAR en su página electrónica bajo el nombre de "Precios de las SIEFORES BASICAS Registrados en la Bolsa Mexicana de Valores". Representan los precios que ofrece CONSAR para la cotización de las SIEFORES 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<sup>5</sup>, el cual fue diseñado para servir de referencia para trámites administrativos y para presentar mensualmente la estabilidad de los rendimientos como el promedio anualizado de éstos en los últimos 36 meses<sup>6</sup>, el índice acumulado diario que se creó tiene como propósito principal captar las variaciones que presentan los rendimientos acumulados diarios y así poder estimar su volatilidad, como una medida del riesgo al que está expuesto el portafolios.

En la figura 1 se puede observar el comportamiento en el tiempo del Índice de la SB1, desde el momento de su creación hasta finales del año 2012. El índice ha tenido un crecimiento más o menos sostenido, destacando la caída que ocurre en el periodo de la crisis de los mercados financieros globales (2008-2009), después de lo cual la tendencia nuevamente creciente muestra una mayor amplitud en sus desplazamientos.

En la figura 1 se puede verificar que durante el periodo asociado a la crisis financiera la volatilidad se incrementó en forma notoria, como era de esperarse. También se corrobora que después de ese periodo la volatilidad es mayor que antes de la ocurrencia de la crisis, aunque es conveniente señalar que durante el periodo previo se pueden ver los racimos (*clusters*) de volatilidad típicos de las series financieras<sup>7</sup>, este hecho sugiere que se consideren modelos de volatilidad cambiante en el tiempo de uso común en el análisis de los rendimientos financieros.

<sup>5</sup> CONSAR Circular 71-1, Capítulo 1, Disposiciones generales, pág. 5.

<sup>6</sup> El índice de CONSAR se construye de la siguiente forma:  $IRN_{(t-n,t)}^i = r_{(t-n,t)}^i - C_t^i$

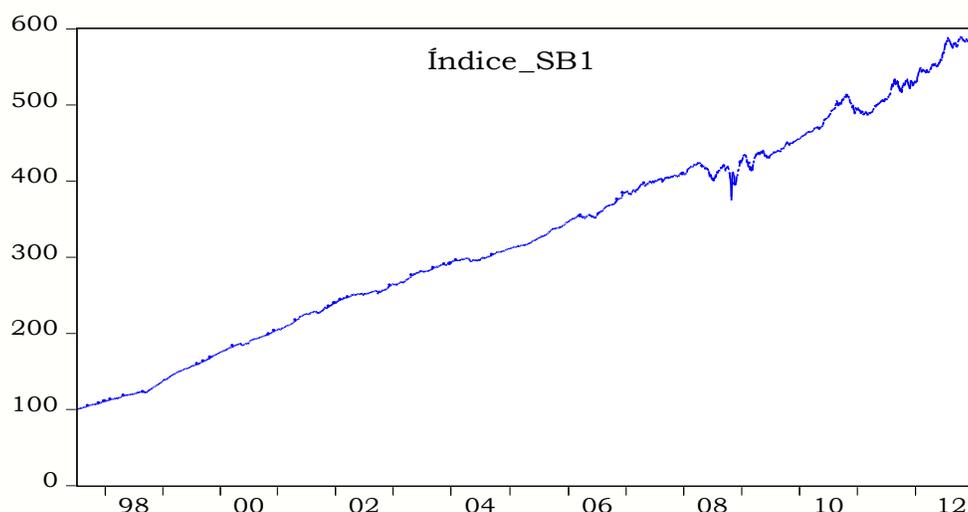
donde:  $IRN_{(t-n,t)}^i$  = Índice de Rendimiento Neto desde la fecha  $t-n$  hasta la fecha  $t$  de la sociedad de inversión  $i$ , el período de  $t-n$  a  $t$  corresponde a 36 meses;  $r_{(t-n,t)}^i$  = rendimiento de gestión compuesto entre la fecha  $t-n$  y la fecha  $t$  para la sociedad de 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<sup>6</sup>;  $t$  = 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:

$$r_{(t-n,t)}^i = \left( P_t^i / P_{t-n}^i \right)^{\frac{360}{n}} - 1 \text{ donde: } r_{(t-n,t)}^i = \text{rendimiento de gestión compuesto entre la fecha } t-n \text{ y la fecha } t$$

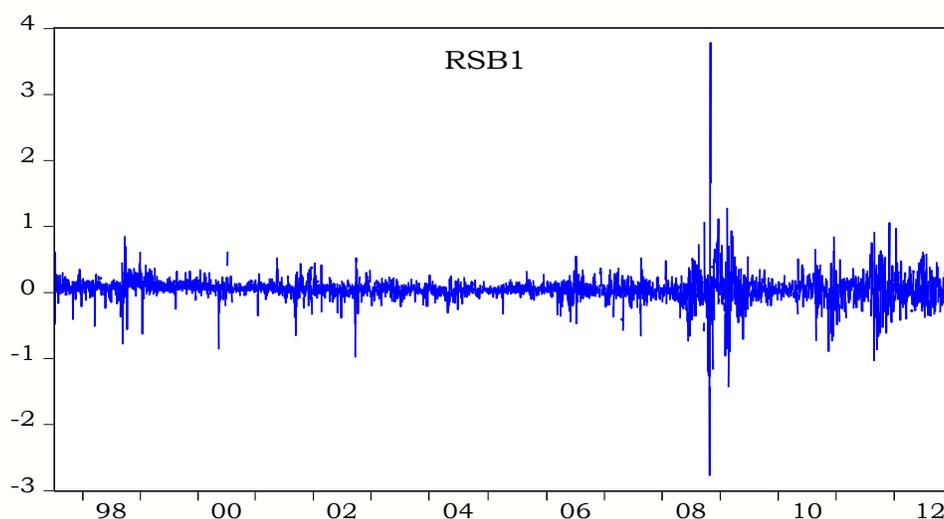
para la sociedad de inversión  $i$ ;  $P_t^i$  = el precio de gestión de la sociedad de inversión  $i$  en el día  $t$ ,  $n$  = es el período de 36 meses por el que se está calculando el rendimiento de gestión expresado en días naturales.

<sup>7</sup> Mandelbrot (1963) fue el primero en hacer notar la presencia de los racimos de volatilidad al observar que grandes cambios en los precios del algodón son seguidos por cambios grandes también, en tanto que a los cambios pequeños tienden a seguirlos cambios pequeños. Fama (1965) encuentra el mismo resultado en su estudio sobre las 30 acciones que forman parte del Índice Dow Jones.



**Figura 1: Índice de la SieforeBásica 1**

Para el modelado de los rendimientos y la volatilidad, como primer paso se calcularon los rendimientos logarítmicos,  $r = [\ln(SB_t) - \ln(SB_{t-1})] \times 100$ ; en la figura 2 se muestra su comportamiento.

**Figura 2: Rendimientos de la SieforeBásica 1**

En el cuadro 1 se muestran las características estadísticas que describen *grosso modo* el comportamiento de los rendimientos de la *SBI*. El promedio del rendimiento diario es positivo, ligeramente superior al 0.045%. También se puede ver que la distribución probabilística de los rendimientos tiene un sesgo positivo y una curtosis muy elevada.



**Cuadro 1 Estadísticas descriptivas de los rendimientos de la SB1**

Media	Mediana	Máximo	Mínimo	Desviación estándar	Sesgo	Curtosis
0.0456553	0.0493733	3.7853366	-2.768683	0.2002949	0.9196925	57.233061

Enseguida se procedió al análisis con métodos apropiados para series de tiempo. En primer lugar se efectuó la selección del orden de un modelo  $ARMA(p,q)$ ; en el cuadro 2 se observa que el criterio de Akaike sugiere un modelo con constante, cinco términos autorregresivos y cinco términos para la media móvil del término de perturbación estocástica.

**Cuadro 2: Rejilla de selección del modelo  $ARMA(p,q)$ : criterio de Akaike**

		$q$					
		0	1	2	3	4	5
$p$	0	-0.377795	-0.475512	-0.483597	-0.483112	-0.482599	-0.482222
	1	-0.483446	-0.483266	-0.486038	-0.488398	-0.487907	-0.487395
	2	-0.485493	-0.488386	-0.488823	-0.488618	-0.488458	-0.492863
	3	-0.489194	-0.489213	-0.488766	-0.488317	-0.487809	-0.487492
	4	-0.488853	-0.488471	-0.488186	-0.495185	-0.49449	-0.489241
	5	-0.488396	-0.488043	-0.487533	-0.493949	-0.493413	<b>-0.500312</b>



**Cuadro 3: Modelo ARMA(5,5)**

	<i>Coefficiente</i>	<i>p</i>
$\phi_1$	0.045659	< 0.01
$\phi_2$	-2.751914	< 0.01
$\phi_3$	-3.003796	< 0.01
$\phi_4$	-1.371633	0.2688
$\phi_5$	0.105292	0.8889
$\theta_1$	0.22689	0.2302
$\theta_2$	3.091954	< 0.01
$\theta_3$	4.024859	< 0.01
$\theta_4$	2.63779	0.0856
$\theta_5$	0.672355	0.503
$\theta_6$	-0.035303	0.8967
ARCH(1) ML	661.4388	< 0.01

En el cuadro 3 se muestran los resultados de la estimación del modelo ARMA(5,5) para los rendimientos de la *SBI*, destacando que se observan varios términos de la especificación que no son significativos para ningún nivel convencionalmente aceptado. Pero lo más destacable es que la prueba de multiplicador de Lagrange sobre la presencia de efectos ARCH en los residuos de la estimación rechaza categóricamente la hipótesis de ausencia de dichos efectos, razón por la cual se amplió la especificación del modelo ARMA (5,5) de los rendimientos de la *SB1* para incluir los efectos ARCH en los términos de perturbación estocástica.



**Cuadro 4: Modelos GARCH con ecuación ARMA(5,5)**

	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>
$\square\square$	0.054523	< 0.01	0.048044	< 0.01	0.057973	< 0.01	0.051573	0.0246
$\square_1$	-0.439149	< 0.01	-0.456616	< 0.01	-1.325709	< 0.01	-0.21605	0.0438
$\square_\square$	0.373723	< 0.01	0.387042	< 0.01	0.394914	< 0.01	0.260282	< 0.01
$\square_\square$	-0.149337	0.0510	-0.146523	0.0619	1.500868	< 0.01	-0.119408	0.272
$\square_\square$	0.584136	< 0.01	0.569786	< 0.01	0.556636	< 0.01	0.39089	< 0.01
$\square_\square$	0.570465	< 0.01	0.582993	< 0.01	-0.135096	0.1115	0.680272	< 0.01
$\square_1$	0.616298	< 0.01	0.635408	< 0.01	1.562406	< 0.01	0.275984	0.0283
$\square_\square$	-0.293577	< 0.01	-0.295264	< 0.01	-0.030194	0.8554	-0.29444	< 0.01
$\square_\square$	0.098073	0.2002	0.101116	0.1929	-1.505253	< 0.01	0.06978	0.5575
$\square_\square$	-0.579632	< 0.01	-0.561213	< 0.01	-0.90949	< 0.01	-0.398531	< 0.01
$\square_\square$	-0.612905	< 0.01	-0.616799	< 0.01	-0.066285	0.4583	-0.641938	< 0.01
$\square$	0.000472	< 0.01	0.000452	< 0.01			0.091214	0.0298
$\square$	0.171035	< 0.01	0.121985	< 0.01	0.088952	< 0.01	0.166137	0.1121
$\square$	0.824135	< 0.01	0.831686	< 0.01	0.911048	< 0.01	0.500637	< 0.01
$\square$			0.082563	0.0301				
$d_\square$							0.133692	< 0.01
$d_\square$							0.560486	< 0.01

Como puede observarse en el cuadro 4, el modelo ARMA(5,5)-GARCH(1,1)<sup>8</sup> estimado muestra que en la ecuación de la media la mayor parte de los términos son significativos incluso al 1%. La excepción la constituyen el coeficiente asociado con el tercer rezago de los rendimientos de la *SBI*, pues es significativo al 10% (aunque se podría decir que es marginalmente significativo al 5%), y el coeficiente del tercer término del promedio móvil del término estocástico, el cual no parece ser significativo en ninguno de los niveles que se usan como estándar para la inferencia.

Todos los coeficientes asociados con los términos de la ecuación de la varianza variante en el tiempo muestran un nivel de significancia incluso superior al 1%. Los resultados se mantienen cuando la especificación se extiende para incluir efectos asimétricos en la ecuación de la varianza o volatilidad condicional cambiante en el tiempo,

<sup>8</sup>Bollerslev (1986) extendió el modelo ARCH de Engel (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.



modelo TARCH(1,1)<sup>9</sup>, observándose que el término de asimetría en la volatilidad también es significativo, aunque sólo al 5%.

Es de hacerse notar que en ambas especificaciones de la ecuación de la varianza se observa que los coeficientes estimados sugieren que no sólo es altamente persistente el proceso de la varianza condicional, sino que incluso su suma alcanza prácticamente el valor de 1; es decir, parece posible que la volatilidad de los rendimientos de la *SBI* sea no estacionaria.

Por tal motivo, se especificó un modelo ARMA(5,5)-IGARCH(1,1)<sup>10</sup> sometiendo la estimación a la restricción de que la suma de los términos relacionados, respectivamente, con los cuadrados de los errores de valoración del periodo pasado y la volatilidad de este último periodo sea igual a 1. Los valores estimados que se muestran en el mismo cuadro 4 muestran algunas diferencias cuando se impone dicha restricción. En algunos coeficientes se observa pérdida de significancia al compararse las dos especificaciones previas con los nuevos resultados, otros coeficientes muestra significancia que antes no se había visto; incluso se observa algún coeficiente con cambio de signo. Sin embargo, también es de destacarse que algunos valores estimados para los coeficientes de algunos términos, tanto autorregresivos como del promedio móvil de la perturbación aleatoria, son notoriamente superiores a la unidad. Es decir, los resultados sugieren que el proceso de los rendimientos de la *SBI* no es estacionario.

Para analizar con más detalle la no estacionariedad del proceso de los rendimientos y la alta persistencia observada en el proceso de la volatilidad, se procedió a especificar un modelo con integración fraccionaria, ARFIMA(5, $d$ ,5),<sup>11</sup> para la ecuación de la media y un modelo también con integración fraccionaria, FIGARCH(1, $d$ ,1), para la ecuación de la varianza. Los resultados de la estimación (ver cuadro 4) muestran resultados que parecen más congruentes con las estimaciones de los modelos en los cuales no se impuso la restricción de un proceso integrado para la varianza, el caso de la especificación que incluyó el IGARCH(1,1). Prácticamente los valores estimados para la mayoría de los parámetros del modelo especificado son equiparables numéricamente con los de las primeras dos especificaciones, y también se mantienen los signos en todos los coeficientes. Lo que se observa también es que tanto el coeficiente asociado con el tercer rezago de los rendimientos en la ecuación de la media y el coeficiente de los cuadrados de los términos de perturbación aleatoria en la ecuación de la varianza no son estadísticamente significativos. Por otra parte, tanto el valor del parámetro de integración de la ecuación de

<sup>9</sup> 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.

<sup>10</sup> El que la suma de los parámetros relevantes del modelo GARCH fuese cercana o igual a la unidad, motivó el desarrollo del modelo IGARCH, véase Engle y Bollerslev (1986).

<sup>11</sup> Baillie *et al.* (1996) propusieron el modelo GARCH fraccionariamente integrado (FIGARCH) y mostraron que puede mejorar el modelado de la dinámica de la volatilidad si 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.



la media,  $d_{\square}$ , como el parámetro de integración fraccionaria correspondiente a la ecuación de la varianza,  $d_{\square}$ , alcanzan un alto nivel de significancia estadística. El valor positivo estimado en ambos casos sugiere que tanto en los rendimientos de la SB1 como en la propia volatilidad de dichos rendimientos pueden existir efectos de un proceso estocástico con memoria larga.

## Conclusiones

La experiencia histórica documentada en los países que han instaurado sistemas de contribución individual al ahorro para el retiro avala las bondades económicas del ahorro interno acumulado, así como los beneficios asociados a la modernización de la industria financiera, o a la multiplicación y especialización de los agentes en ella participan.

Resulta evidente que 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 que este tema requiere de un análisis cuidadoso y comprensivo para potenciar al máximo sus efectos si dirigir apropiadamente los recursos con base en una política industrial, el desarrollo de la infraestructura socioeconómica, o de investigación y desarrollo.

Pero es muy importante no perder de vista el significado último de la transición desde un sistema tradicional a un sistema de solución individual 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 necesario soportar 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 saldo de las cuentas individuales.

El empleo de las técnicas econométricas especializadas en la medición y modelación de la volatilidad de los rendimientos de los activos financieros es de la mayor importancia para determinar los niveles de exposición y para diseñar las posibles estrategias de cobertura de riesgos que permitirán evitar perjuicios patrimoniales a los ahorros de los trabajadores. Es pues, ésta, la perspectiva adoptada en el presente trabajo, pues al mejorar nuestra comprensión sobre el comportamiento de los rendimientos de la SB1, se abre una línea de investigación de gran trascendencia social y económica. Destaca en primer lugar que la evidencia que hemos recabado muestra que volatilidad de los rendimientos de la SB1 es variante en el tiempo, tal como se planteó en la hipótesis inicial de este trabajo.



Además de la variabilidad de la volatilidad, el análisis econométrico presentado en las secciones precedentes muestra evidencia significativa de que en el proceso de los rendimientos y la propia volatilidad del portafolio SB1 están presentes efectos de memoria larga. Es decir, los rendimientos presentes pueden estar autocorrelacionados con sus propios valores observados en periodos del pasado lejano. La principal implicación de la presencia de efectos de memoria larga en la volatilidad de los rendimientos es que ésta no es congruente con un proceso de movimiento (geométrico) browniano gaussiano, caso típico en que se basa la teoría financiera, 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. Este hallazgo motiva un mayor interés por profundizar en el análisis y comprensión del problema anterior. Para garantizar la solvencia de los fondos de pensiones y lograr el máximo beneficio posible para los trabajadores, es necesario discernir el comportamiento de los procesos que conducen la valorización de los mismos.

### Referencias

- Barrientos Armando (1998), *Pension Reform in Latin America*, Ashgate Publishing Company, Gran Bretaña.
- Baillie, R. T., T. Bollerslev and H. O. Mikkelsen (1996). Fractionally integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, Vol. 74, Núm. 1, 3-30.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autorregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*. Vol. 31, Núm. 3, 307-327.
- 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 U.K. inflation, *Econometrica*, Vol. 50, Núm. 4, 987-1008.
- Engle, R.F. and T. Bollerslev (1986). Modelling the persistence of conditional variances. *Econometric Reviews*. Vol. 5, Núm. 1, 1-50.
- Espinosa-Vega, Marco A, Sinha Tapen, (2000), A primer and assessment of social security reform in Mexico. *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Atlanta, 1<sup>st</sup> quarter, Vol. 85 Issue 1.
- Fama, E. F. (1965). The behavior of stock-market prices. *Journal of Business*, Vol. 38, Núm. 1, 34-105.



Hansen, R. and J. Pinkerton. (1982). "Direct Equity Financing: A Resolution of a Paradox". *Journal of Finance*, 37, 651-665.

Hansen, R. and P. Torregrosa. (1992). "Underwriter Compensation and Corporate Monitoring". *Journal of Finance*, 47, 1537-1555.

Iglesias, A. (1998). The Impact of Pension Reform on Capital Markets: The Chilean Experience". Presentado como ponencia en la conferencia Capital Market Development in Emerging and Transition Economies: Trends and Challenges. Washington, DC, USA

Mandelbrot, B. (1963). The variation of certain speculative prices. *Journal of Business*, Vol. 36, Núm. 4, 394-419.

Rabemananjara R. and J.M. Zakoïan (1993). Threshold ARCH models and asymmetries in volatility. *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 8, 31-49.

Schmidt-Hebbel, K. (1981). "El Funcionamiento de los Mercados Laborales en Chile: un Análisis Preliminar". Documento No. 206, Departamento de Estudios BHC.

Singh, A. (1997). "Pension Reform, the Stock Market, Capital Formation and Economic Growth: A Critical Commentary on the World Bank's Proposals". World Bank.

Walker, Eduardo and Fernando Lefort (2000) Pension Reform and Capital Markets: Are there any hard links?. Mimeo, Business School, Universidad Católica de Chile.

Zakoïan, J.-M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18, 931-955.

