

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL RIESGO Y RENDIMIENTO DE LA SB3: 2008-2018

Área de investigación: Finanzas

Israel Bermúdez Pacheco

Universidad Nacional Autónoma de México
México
israelbermudez@hotmail.com

Raúl Arturo Cornejo López

Universidad Autónoma Metropolitana
México
racornejo@hotmail.com

Octubre 9, 10 y 11 de 2019

Ciudad Universitaria | Ciudad de México



ANÁLISIS ECONOMÉTRICO DEL RIESGO Y RENDIMIENTO DE LA SB3: 2008-2018



Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar la relación *riesgo-rendimiento* de ocho Sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro (*Siefores*) pertenecientes a la *Siefore Básica 3* (SB3) desde 2008 a 2018. Lo anterior, con el propósito de comprobar si el postulado financiero de las inversiones establecido en la Teoría de la Cartera de Markowitz de *-a mayor riesgo mayor rendimiento-* se cumplía.

Para estimar los rendimientos y el riesgo se utilizaron modelos econométricos GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, por sus siglas en inglés) considerados como una metodología estadística más robusta y apropiada para el tratamiento de series financieras como fue el caso de los fondos de pensiones en México. Los resultados muestran que las *Siefores* que expusieron sus inversiones a mayores riesgos, **no** generaron mayores rendimientos y para una *Siefore* en particular, la relación *riesgo-rendimiento* fue completamente **nula** al obtener los rendimientos más bajos y la mayor exposición al riesgo. Como complemento a esta investigación, se presentó un análisis comparativo entre los rendimientos obtenidos y el Indicador de Rendimiento Neto (IRN) de la CONSAR encontrándose altas coincidencias. Esta comparativa, así como los resultados de esta investigación no pretenden funcionar como una guía para la selección de una *Siefore* óptima para el ahorrador y tampoco buscan generar ninguna tendencia económica ni política al respecto.

Palabras clave: rendimientos, riesgo, GARCH.

Introducción

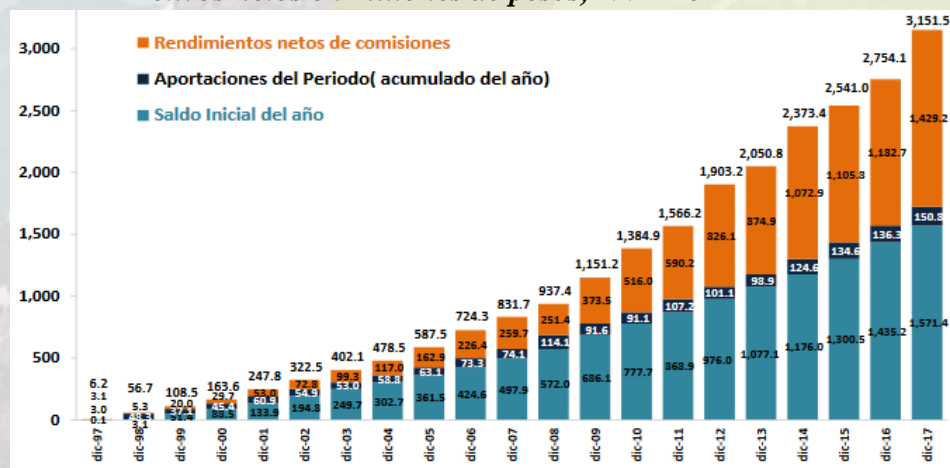
A partir de la reforma implementada al sistema de pensiones en julio de 1997, los fondos de pensiones se consideraron un tema relevante para la economía mexicana. Dicha reforma estableció un nuevo sistema de contribuciones definidas que reemplazó al sistema de pensiones de beneficios definidos vigente desde 1943 (Santillán, Martínez y López, 2016). La principal característica del nuevo sistema fue su administración por empresas privadas a través de cuentas individuales



que concentran las aportaciones tripartitas de trabajadores, empleadores y gobierno (Martínez y Venegas, 2014). Estas cuentas son manejadas por Administradoras de fondos para el retiro (*Afores* o *Administradoras*, en adelante) que invierten los recursos de los trabajadores a través de Sociedades de inversión especializadas en fondos para el retiro (*Siefores* o *Sociedades*, en adelante) las cuales son reguladas por la CONSAR.

Actualmente se encuentran en operaciones cinco *Siefores Básicas* de acuerdo al rango de edad del trabajador: la *Siefore Básica 0* (SB0) y la *Siefore Básica 1* (SB1) para personas de 60 años y mayores; la *Siefore Básica 2* (SB2) para personas entre 46 y 59 años; la *Siefore Básica 3* (SB3) para personas entre 37 y 45 años y la *Siefore Básica 4* (SB4) para personas de 36 años y menores. Esta familia de *Siefores* se creó para buscar que el Sistema de Ahorro para el Retiro (SAR) fuera financieramente viable invirtiendo los ahorros de en instrumentos financieros con el objetivo de generar **rendimientos** que al final incrementen el monto de la pensión del trabajador. Los recursos acumulados en el SAR se han incrementado año con año alcanzando aproximadamente 3.1 billones de pesos (bdp) a diciembre de 2017 (véase Grafica 1). Dicha cifra representa el 14.7% del Producto Interno Bruto (PIB) de México. Sin embargo, el punto relevante es el comportamiento que tuvieron los rendimientos generados por las inversiones en los 20 años de operación y que equivalen aproximadamente a 1.4 bdp. En términos porcentuales, los rendimientos representaron el 45% del total de los recursos, de ahí su importancia como objeto de estudio.

Gráfica 1. Aportaciones y rendimientos en el SAR
Activos netos en millones de pesos, 1997-2017



Fuente: CONSAR (2018)

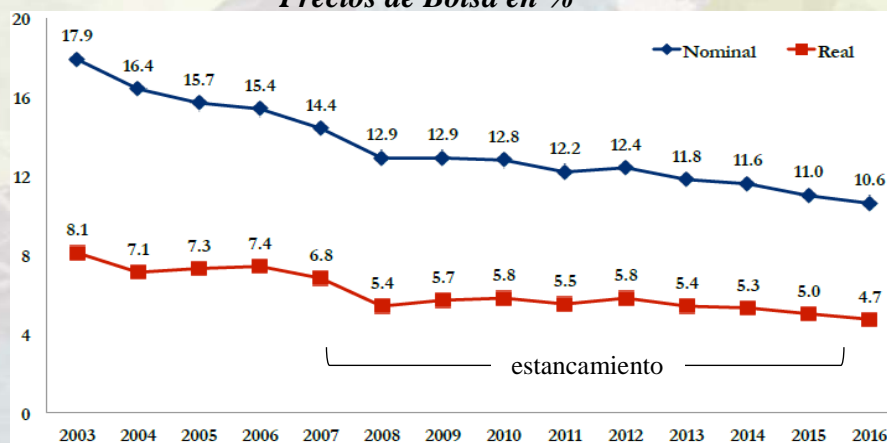




De acuerdo con la CONSAR (2018), los rendimientos históricos obtenidos a lo largo de 21 años fueron competitivos: de julio de 1997 a junio de 2018, el rendimiento nominal anual promedio generado por el SAR fue aproximadamente 11.33% y en términos reales se ubicó en 5.43%. Sin embargo, de 2003 a 2016 los rendimientos históricos nominales mostraron una evidente **tendencia a la baja**: pasaron del 17.9% a un 10.6% (véase Grafica 2), una caída cercana al 40%. Respecto a los rendimientos reales (que restan el efecto de la inflación) decrecieron aproximadamente 42%: en 13 años pasaron del 8.1% a un 4.7%. Otro punto a destacar es que los rendimientos reales se estancaron entre 2008 y 2016 manteniendo en promedio un crecimiento del 5.4% en dicho periodo.



Gráfica 2. Rendimientos históricos del SAR: 2003-2016
Precios de Bolsa en %



Fuente: CONSAR (2017)

La **problemática** detectada de los rendimientos decrecientes y estancados se considera preocupante para el funcionamiento óptimo del SAR que, como consecuencia, podría afectar el ahorro del trabajador, ya que como se mencionó, los rendimientos generados por las *Siefores* representan una parte significativa de su ahorro. Además, se evidencia la importancia de una probable e inadecuada gestión de los fondos de pensiones, lo que denota la necesidad de un mayor conocimiento sobre la generación de rendimientos por parte de las *Sociedades* y del riesgo al que exponen las inversiones. Los portafolios de las *Siefores* están diversificados en inversiones de renta fija y variable expuestas al riesgo de mercado debido a la volatilidad de los mercados financieros nacionales e internacionales. De acuerdo al régimen de inversión de las *Siefores*, si el riesgo al que se invierten los ahorros es mayor, los





rendimientos obtenidos deberían ser los más altos, de no ser así, se estarían arriesgando los ahorros.

Bajo el contexto anterior, es importante analizar los rendimientos generados por las *Sociedades* para conocer si efectivamente el riesgo de mercado ha sido compensado por los rendimientos obtenidos. Así, la **pregunta de investigación** que se planteó es este trabajo es la siguiente: ¿Cuál fue el rendimiento de las *Siefores* que conformaron la SB3, en función del riesgo de mercado entre 2008 y 2018? Por su parte, la **hipótesis** que da respuesta a la pregunta de investigación fue la siguiente: La relación *riesgo-rendimiento* **no** se cumple para las *Siefores* que conformaron la SB3 porque las inversiones con mayor riesgo, no generaron mayores rendimientos, lo que podría afectar el monto de las pensiones de los trabajadores en el largo plazo y evidenciar un trabajo deficiente de las *Sociedades*. Por lo tanto, el **objetivo** de la investigación fue analizar la relación *riesgo-rendimiento* de ocho *Siefores* que conformaron la SB3, calculando el rendimiento y el riesgo de mercado de sus inversiones de 2008 a 2018.

Los resultados de esta investigación no pretenden funcionar como una guía para la selección de una *Siefore* óptima para el ahorrador, tampoco buscan generar ninguna tendencia económica ni política al respecto. La estructura del trabajo es la siguiente: la primera parte presenta los estudios previos relacionados con el tema de investigación, los fundamentos teóricos, así como la metodología econométrica. La segunda parte presenta el análisis empírico aplicado a la SB3. Por último, las conclusiones forman parte final del documento.

Revisión de la literatura

En la investigación de Banda y Gómez (2009) se analizaron los portafolios de inversión de la SB2 de 2000 a 2009 utilizando los índices de *Sharpe*, *Treynor* y *Jensen* con el fin de determinar cuál *Siefore* obtuvo un desempeño óptimo. Los resultados muestran una escasa relación entre los rendimientos del mercado y los rendimientos de los fondos. Sólo una *Sociedad* obtuvo un rendimiento por encima del rendimiento del activo libre de riesgo que fueron Certificados de la tesorería de la federación (Cetes) a 28 días y ninguna sobrepasó el rendimiento del mercado medido a través del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC). La investigación señaló que no fue posible concluir cual *Sociedad* fue la mejor ya que el ajuste del rendimiento con respecto al riesgo difirió en



los tres índices utilizados. Por último, se indicó que el estudio puede ser enriquecido mediante el análisis de las *Siefores Básicas* 3, 4 y 5.



El artículo de Banda, González y Gómez (2014) presentó una aplicación de la Teoría de la Cartera para las *Siefore* con el fin de que los trabajadores conformen un portafolio personalizado con una combinación óptima de recursos a invertir. El periodo de estudio comprendió de marzo de 2009 a mayo de 2012 para las cinco *Siefores Básicas* y los resultados mostraron la existencia de una frontera eficiente derivada de la combinación de los diferentes activos. Sin embargo, la legislación actual del SAR no permite a los ahorradores combinar activos para conformar portafolios; por lo tanto, se dificulta emplear en la práctica la metodología propuesta por los autores.

En el estudio de Martínez y Venegas (2014) se construyó un índice con los precios de cierre diarios (de 1997 a 2010 para la SB1 y de 2004 a 2010 para la SB2) que fue modelado con procesos ARIMA-GARCH y varias de sus extensiones con el fin de examinar el comportamiento de los rendimientos y la volatilidad. Uno de los resultados relevantes fue que los rendimientos obtenidos no fueron suficientes para compensar el riesgo adicional asumido por los fondos de pensiones que incluyeron componentes de renta variable.

Herrera (2015) analizó la relación *riesgo-rendimiento* de la SB4 (de diciembre de 2012 a diciembre de 2014). El estudio consistió en la construcción de un portafolio con Cetes y opciones cuyo activo subyacente fue la acción de *América Móvil*, donde al total de la inversión se le restó la tasa esperada de Cetes y de esta diferencia se invirtió la mitad en *calls* y la otra en *puts*; sin embargo, se señaló que la estrategia propuesta anteriormente no fue la más óptima (Gómez, 2016).

El artículo de Santillán, Martínez y López (2016) presentó un estudio econométrico para analizar los rendimientos y la volatilidad de las cinco *Siefore Básicas* (SB1 de 1997 a 2012, SB2 de 2004 a 2012 y las SB3, SB4 y SB5 de 2008 a 2012) con el objetivo de determinar la presencia de efectos de *memoria de largo plazo*¹. Se encontró evidencia de que tanto en los rendimientos como en la volatilidad están presentes efectos de *memoria de largo plazo*; es decir, las variables están autocorrelacionadas con sus



¹ El concepto de *memoria de largo plazo* en una serie financier se refiere a la persistencia de las innovaciones durante periodos mucho más largos que los correspondientes a las series típicas (Santillán, Martínez y López, 2016).



propios valores en periodos del pasado. Finalmente, en el trabajo de Romero (2016) se analizó el riesgo y rendimiento de los portafolios de la SB4 y SB5 (entre 2008 y 2012) utilizando índices de *Sharpe* y *Treynor* se llegó a la conclusión que el rendimiento generado estuvo en proporción al riesgo asumido; no obstante, el portafolio de las *Siefores* se comparó contra el portafolio del IPC que no fue completamente equiparable, pero se utilizó ya que no se encontró uno que midiera los fondos de pensiones.

En las investigaciones anteriores, sólo dos analizaron la SB3. Considerando lo anterior, esta investigación propuso enriquecer el análisis de la SB3 desde su creación en 2008 a 2018. De este modo se consideraron los efectos de *memoria de largo plazo* en los rendimientos y la aportación de este trabajo consistió en estimar el riesgo de mercado para conocer si en verdad fue compensando por los rendimientos obtenidos durante los 10 años que ha operado dicho fondo.

Panorama general del SAR en México

Bonifant y Gómez (2010) señalan que el SAR en México tiene sus orígenes en la Constitución de 1917, ya que la fracción XXIX del Artículo 123 establece que es indispensable que exista una Ley del Seguro Social que comprenda seguros de vejez y protección a los trabajadores. Lo anterior se llevó a cabo hasta 1943 cuando se creó la Ley del Seguro Social. Posteriormente, en 1995 se aprobó una reforma a dicha Ley que estableció dos aspectos fundamentales para las pensiones. El primero de ellos consistió en la transición del *Sistema de Beneficio Definido (SBD)*, al nuevo *Sistema de Contribución Definida (SCD)* conocido como *Generación Afore*, que entró formalmente en operaciones en 1997 e incluye a los trabajadores que empezaron a cotizar al Instituto Mexicano del Seguro Social a partir del 1 de julio de 1997 y a los trabajadores cotizantes al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado a partir del 1 de abril de 2007. El segundo aspecto importante fue el establecimiento del SAR para brindar servicios a los trabajadores que cotizan en ambos Institutos y a los trabajadores independientes quienes también puede tener acceso a una *Afore*.

En el *SBD* los trabajadores activos contribuían con sus ingresos para crear una reserva que pagaba las pensiones de las personas retiradas; sin embargo, factores como el incremento de la esperanza de vida, el aumento de trabajadores pensionados, la disminución de trabajadores





activos y la canalización de los recursos de las pensiones hacia los servicios de salud por parte del gobierno, provocaron que las reservas del fondo se agotaran. En respuesta a esta problemática se transitó hacia el SCD para buscar que el esquema de pensiones fuera financieramente viable invirtiendo los ahorros de los trabajadores para generar rendimientos. Continuando con Bonifant y Gómez (2010), señalan que el SCD consiste en que cada trabajador disponga de una *cuenta individual* en la que se depositen las aportaciones tripartitas realizadas por el patrón, el trabajador y el Gobierno por concepto de ahorro para el retiro. En el SCD, las *Afore* son sociedades anónimas de capital variable, que utilizan en su denominación o a continuación de ésta, la expresión "*Administradora de Fondos para el Retiro*" o su abreviatura "*Afore*". El proceso de inversión de las *Afores* parte del principio de *responsabilidad fiduciaria* donde las administradoras deben atender en todo momento al interés de los trabajadores. Actualmente operan en México 10 *Afores*: Azteca, Sura, Coppel, Citibanamex, Inbursa, Invercap, Principal, ProfuturoGNP, PensionISSSTE y XXI Banorte, las cuales realizan el 50.18% de sus inversiones en valores gubernamentales, 18.95% en deuda privada nacional y 14.09% en renta variable internacional (véase Tabla 1).



Tabla 1
Inversiones realizadas por las Siefore
Al cierre de septiembre de 2018 en porcentaje.

Inversiones	%
Renta variable nacional	7.47
Renta variable internacional	14.09
Mercancías	0.3
Deuda privada nacional	18.95
Instrumentos Estructurados	5.49
FIBRAS	2.86
Deuda internacional	0.66
Valores gubernamentales	50.18
	100

Fuente: CONSAR (2018b)

Las sociedades de inversión, administradas y operadas por las *Afores*, deberán ser sociedades anónimas de capital variable y utilizar en su denominación, o a continuación de ésta, la expresión "*Sociedad de Inversión Especializada de Fondos para el Retiro*" o su abreviatura "*Siefore*" y tienen por objeto invertir las aportaciones destinadas a fondos de





previsión social, las aportaciones voluntarias y complementarias de retiro que reciban de los trabajadores y patrones. Las *Sociedades* deberán contar con un comité de inversión para determinar la política y estrategia de inversión y la composición de los activos y contar también con un comité de riesgos para administrar los riesgos al que se encuentren expuestas y vigilar que la realización de sus operaciones se ajuste a los límites, políticas y procedimientos para la administración de riesgos. Por último, el ordenamiento jurídico aplicable al funcionamiento del SAR es la Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro (LSAR) de 1996 y el regulador es la CONSAR creada en julio de 1994 como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, por eso se establece que existe una alta seguridad del ahorro.

Creación y evolución de las Siefores: 1997-2018

Se detectaron seis momentos importantes en la creación y evolución de las *Sociedades*. El primero de ellos fue en 1997 cuando se crearon las primeras dos *Siefores* asignadas de acuerdo al rango de edad de los trabajadores: la SB1 para el grupo de 56 años en adelante y la SB2 de 55 años y menores.

El segundo momento fue en 2008 cuando se crearon tres *Sociedades*: la SB3 para trabajadores de 37 y 45 años; la SB4 de 27 y 36 años y la SB5 para ahorradores jóvenes de 26 años y menores. La creación de los tres fondos fue con el objetivo de ofrecer al trabajador acceso a mayores rendimientos y riesgos de acuerdo a su rango de edad; por lo tanto, se esperaba que en los próximos años los rendimientos se incrementaran (o por lo menos se mantuvieran estables), pero como se mencionó, a partir de 2008 empezaron a descender y se estancaron.

El tercer momento ocurrió en octubre de 2012, cuando la SB4 fue absorbida por la SB5 debido a la baja cotización de ahorradores de 26 años y menores que limitó el aprovechamiento del régimen de inversión. El cuarto momento fue en diciembre de 2015 cuando se creó la *Siefore Básica de Pensiones* o SB0 para blindar de la volatilidad de los mercados financieros los recursos de trabajadores de 60 años o más que están próximos al retiro. Así, a enero de 2018, el SAR cuenta con cinco *Siefore Básicas* que atienden a distintos grupos de cotizantes². Las reglas

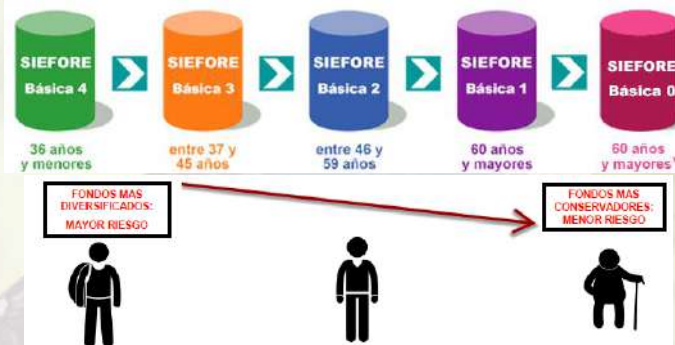


² La única *Siefore* que ha operado de manera continua desde su creación hasta 2018 es la SB3. Lo anterior representa una justificación para su estudio, ya que las demás *Sociedades* fueron absorbidas, divididas o



de inversión de cada fondo van cambiando conforme los ahorradores se encuentren más cerca del retiro: entre más joven, mayor exposición a instrumentos de inversión de largo plazo con mayor rendimiento y un mayor grado de riesgo (véase Figura 1), mientras las personas más cercanas al retiro tienen su ahorro invertido en modalidades de corto plazo con un menor nivel de riesgo y por lo general, un menor rendimiento.

Figura 1. Ciclo de vida de los trabajadores y familia de Siefores a 2018



*Trabajadores próximos a realizar retiros totales por pensión o negativa de pensión y trabajadores del ISSSTE con bono redimido.
Fuente: e-SAR (2018).

Un detalle amplio de los tipos de instrumentos en los que pueden invertir las *Sociedades* y de los límites de inversión en cada uno de ellos se muestra en la Tabla 2. Todos los límites son porcentajes máximos, excepto el límite de protección inflacionaria y la SB0 únicamente puede invertir en valores gubernamentales nacionales de corto plazo.

Tabla 2. Límites al Régimen de Inversión de las Siefores a 2018

Clase de activo	Siefore Básica 0 (60 años y mayores)	Siefore Básica 1 (60 años y mayores)	Siefore Básica 2 (46 a 59 años)	Siefore Básica 3 (37 a 45 años)	Siefore Básica 4 (36 años y menores)
Valores Extranjeros ^{/1}	0%	20%	20%	20%	20%
Renta Variable ^{/1/2}	0%	10%	30%	35%	45%
Instrumentos en Divisas ^{/1}	0%	30%	30%	30%	30%
Instrumentos Bursatilizados ^{/3}	0%	10%	15%	20%	30%
Instrumentos Estructurados ^{/1/4}	0%	10%	15%	20%	20%
FIBRAS ⁵ e Inversiones inmobiliarias	0%	5%	10%	10%	10%
Protección Inflacionaria ^{/6}	No	Sí (51% Min.)	No	No	No
Mercancías ^{/1}	0%	0%	5%	10%	10%

Fuente: CONSAR (2018)

fusionadas provocando una combinación de recursos y rendimientos que dificulta un análisis cuantitativo más acertado.



Notas:

1. Como porcentaje del Activo Total de la *Siefore*, incluyendo activos administrados por mandatarios.
2. Acciones individuales, IPOs, índices accionarios domésticos e internacionales.
3. Bursatilizaciones que cumplan con lo dispuesto en el Anexo R de las Disposiciones en materia financiera, emitidos por un independiente, así como los Certificados Bursátiles Vinculados a Proyectos Reales.
4. Incluye CKDs y CERPIs.
5. Incluye a los FIBRAS genéricos y FIBRA-E.
6. Límite mínimo de inversión en activos financieros que aseguren un rendimiento igual o superior a la inflación en México.

El quinto momento fue en enero de 2017 cuando la CONSAR estableció el esquema de *Libre Selección de Siefore (LSS)*. Antes de 2017, las *Siefores* eran asignadas de acuerdo al rango de edad del trabajador; sin embargo, a partir de 2017 la *Comisión* instauró la *LSS* como una herramienta a través de la cual el ahorrador podrá transferir el ahorro de su *Siefore* a otra sin importar su edad. El cambio de *Siefore* se podrá realizar cada 3 años de forma gratuita y para los ahorradores que no ejerzan esta nueva opción, su proceso de selección de *Sociedad* seguirá siendo de acuerdo a su rango de edad. La CONSAR (2017b) creó esta nueva opción con el objetivo de otorgar mayor poder de decisión a los trabajadores respecto a su ahorro y brindar la posibilidad de alcanzar un mayor rendimiento a cambio de un mayor nivel de riesgo. Por ejemplo, se puede decidir que los recursos estén invertidos en la SB4 (que invierte en proyectos productivos de larga maduración) a pesar de que por edad le corresponda al trabajador la SB3 (e-SAR, 2018).

Sin embargo, con este mecanismo, no se sabe si le conviene al trabajador cambiarse de *Sociedad* y asumir más riesgo, pues esta decisión depende sólo si los rendimientos que espera obtener, compensarán el mayor riesgo. Además, la *LSS* contradice el proceso de inversión de las *Afores* que como se indicó se basa en el principio de *responsabilidad fiduciaria* ya que la CONSAR le transfiere la responsabilidad al trabajador para elegir la *Sociedad* de inversión que prefiera; no obstante, dicha decisión debería ser tomada por el regulador tal como se planteó desde 1997 al asignar las *Siefores* de acuerdo al rango de edad. Bajo el contexto anterior, en esta investigación se considera que la *LSS* representa mayor riesgo para el trabajador (si es que decide cambiarse a una *Siefore* que ofrezca mayores rendimientos) ya que sería necesario que tuviera conocimientos financieros más allá de los básicos para poder evaluar la rentabilidad de su inversión y de la relación *riesgo-rendimiento*, la cual se establece (como hipótesis de este trabajo) que no se cumple para la SB3.





Por último, el sexto momento fue en abril de 2019 cuando la Cámara de Diputados en México aprobó el dictamen que reforma la LSAR para la sustitución de las *Siefores* por fondos denominados *Fiefores* o fondos generacionales (*Target Date Funds*, por sus siglas en inglés) que permiten mantener los ahorros en un mismo fondo durante toda la vida laboral.

Marco teórico

El **rendimiento** de un activo financiero se define como el cambio de valor que registra en un período con respecto a su valor inicial (UNAM,2015), generalmente es expresado en términos de porcentaje sobre lo invertido y representa la ganancia o pérdida resultante de una inversión (Véliz, Cervantes y Carmona 2012). En el caso del sistema de pensiones, los rendimientos son las ganancias o intereses generados por la inversión de los ahorros.

Por su parte, el **riesgo** financiero se relaciona con las pérdidas potenciales que puede sufrir un portafolio de inversión, debido a la volatilidad de los flujos financieros no esperados. El riesgo financiero se define como “la pérdida potencial en el valor de los activos financieros debido a movimientos adversos en los factores de riesgo que determinan su precio, por ejemplo: las tasas de interés o el tipo de cambio”. (Banxico, 2005, p.5). Ahora bien, para construir un portafolio de inversión es indispensable tomar en cuenta la relación *riesgo-rendimiento* ya que de nada vale obtener un determinado rendimiento sin tener presente los riesgos asociados (UNAM, 2015). Cabe señalar que dicha relación se fundamenta en una de las teorías aplicables a la gestión de riesgos de activos financieros: la Teoría de la Cartera (*Portfolio Theory*, por sus siglas en inglés).

A partir del modelo planteado por John Burr Williams (1938) en su libro *Theory of Investment Value*, Markowitz (1952) y Tobin (1958) desarrollaron los conceptos básicos de la Teoría de la Cartera (Banda, González y Gómez, 2014). Asociaron el riesgo a la **varianza** del valor de una cartera y basándose en la búsqueda de la evasión del riesgo, derivaron la Teoría de la Cartera (TDC en adelante) que estudia como maximizar la rentabilidad y minimizar los riesgos mediante la composición óptima de una cartera de valores. Además, en 1959 Markowitz en su obra *Portfolio Selection: Efficient diversification of investments* planteó la importancia de la diversificación de los portafolios para disminuir el riesgo y aumentar el rendimiento de la



cartera (Banda, González y Gómez, 2014). Algunas hipótesis sobre el comportamiento y el método racional de elección del inversor de la TDC de Markowitz:³

- Todos los individuos se comportan racionalmente y son maximizadores de su función de utilidad esperada
- La función de utilidad esperada del inversor depende únicamente del **rendimiento** esperado (como medida de la rentabilidad) y la varianza o desviación típica (como medida del **riesgo**)
- Los inversores tienen aversión al riesgo, por lo que para una cartera de valores con un mismo rendimiento esperado, preferirán la cartera con menor varianza

En general, la TDC ha señalado que considerar los atributos de riesgo y rendimiento pueden ser suficientes para tomar muchas decisiones financieras, el problema estriba en la adecuada combinación de dichas variables. (Ferruz y Sarto, 2002). El propio Markowitz (1952) señaló acertadamente la necesidad de considerar la función de utilidad de los inversores para determinar la combinación óptima entre *rentabilidad-riesgo*. En este sentido analizó por primera vez estos dos atributos y graficó el riesgo en abscisas y el rendimiento en ordenadas y encontró que existía una relación directamente proporcional, de manera que, para aceptar niveles mayores de riesgo, cualquier inversor exigirá un rendimiento esperado superior; es decir, el postulado financiero de las inversiones que estable lo siguiente: *a mayor riesgo mayor rendimiento y viceversa*. Un ejemplo de lo anterior se muestra en la Grafica 3 de tal modo que una inversión en Cetes o bonos gubernamentales (considerados como instrumentos de bajo riesgo) obtendrá rendimientos esperados menores en comparación con una inversión en derivados financieros los cuales se consideran como alternativas de mayor riesgo.



³ Véase Blanco, Ferrando y Martínez (2015)

Gráfica 3. Relación (ex ante) riesgo-rendimiento esperado para activos financieros.



Fuente: Administración y Economía (2013)

Metodología ARIMA-GARCH

En series de tiempo financieras, se busca trabajar con series *estacionarias* que por lo general, resultan de la diferencia de los logaritmos que justamente coincide con el cálculo de los rendimientos de un activo financiero. Primero se obtienen logaritmos para estabilizar la varianza ya que el logaritmo permite reducir el nivel de volatilidad sin cambiar la estructura del comportamiento de la serie. Posteriormente, para obtener los rendimientos se calcula la diferencia de la serie logarítmica para estabilizar el término de la media. De esta manera, se puede realizar una estimación de los rendimientos más *ad hoc* en el tratamiento de series financieras. A continuación, se presenta la metodología para el cálculo de rendimientos de activos financieros propuesta por Jorion (2004): Para calcular un horizonte de mayor plazo, en la práctica se utiliza la tasa de rendimiento geométrico, la cual se define en términos de logaritmos del cociente de precios:

$$r_t = \ln \left[\frac{P_{t+Dt}}{P_{t-1}} \right] \quad (1.1)$$

Donde:

r_t es el rendimiento del activo financiero i al tiempo t ,

\ln es el logaritmo del cociente de precios,

P_t es el precio de la cartera del activo financiero al tiempo t , y

P_{t-1} es el precio de la cartera del activo financiero al tiempo $t - 1$.

Una vez determinados los rendimientos continuos mensuales (por ejemplo, de un periodo de 5 años) se busca obtener el rendimiento promedio anualizado.



Una buena aproximación para dicha estimación es la propuesta por Martínez y Venegas (2014):

$$r_a = \left[\frac{\sum \ln p_f - \ln p_i}{n} \right] * tp \quad (1.2)$$

Donde:

r_a es el rendimiento promedio anualizado del periodo,
 $\ln p_f$ el logaritmo en la última fecha del periodo,
 $\ln p_i$ el logaritmo en la fecha de inicio del periodo,
 n el número de observaciones y
 tp representa el número de días promedio anual en el periodo estudiado.

Ahora bien, el modelo Autorregresivo Integrado de Promedios Móviles (ARIMA o *Autoregressive Integrated Moving Average*, por sus siglas en inglés) se basa en el supuesto de que las series de tiempo consideradas son (débilmente) estacionarias; es decir, que la media y la varianza de una serie de tiempo débilmente estacionaria son constantes y su covarianza es invariante en el tiempo. Si una serie de tiempo es integrada de orden 1 [es decir, si es $I(1)$], sus primeras diferencias son $I(0)$, es decir, estacionarias; es decir, es una serie de tiempo autorregresiva integrada de promedios móviles, donde p denota el número de términos autorregresivos, d el número de veces que la serie debe diferenciarse para hacerse estacionaria y q el número de términos de promedios móviles; por lo tanto, la razón para suponer estacionariedad se explica por Pokorny (1987) en Gujarati y Porter (2010) de la siguiente manera: "la sencilla razón para requerir datos estacionarios es que todo modelo que se infiera a partir de estos datos pueda interpretarse como estacionario o estable en sí mismo, y proporcione, por consiguiente, una base válida para pronosticar". (Gujarati y Porter, 2010, p.777). En esta investigación **no** se pretende desarrollar un pronóstico de los rendimientos ya que rendimientos pasados no garantizan rendimientos futuros; sin embargo, para el cálculo de los rendimientos financieros se utilizó un Modelo ARIMA de la forma $(p, 1, q)$, donde la serie fue diferenciada una vez para hacerla estacionaria.

Por su parte, el modelo con Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva, (ARCH o *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, por sus siglas en inglés) fue desarrollado por Robert F. Engle en 1982. El éxito de la familia de modelos ARCH se puede atribuir a las aplicaciones que tienen en finanzas ya que pueden aplicarse a problemas estadísticos





y adquieren un valor especial cuando se aplican a series temporales financieras. Lo anterior se debe en parte a la importancia del dilema entre *riesgo-rendimiento* en los mercados financieros y a tres características presentes en los rendimientos (Engle y Patton, 2001).

1. Agrupamiento o *clúster* de volatilidad: Existen lapsos donde los precios muestran amplias variaciones durante prolongados periodos y luego se dan intervalos de una calma relativa.
2. Exceso de curtosis: Los rendimientos tienen sorprendentemente, una gran cantidad de valores extremos o colas gordas.
3. Impredecibilidad: Los rendimientos son prácticamente impredecible

En los modelos ARCH, la heteroscedasticidad, o **varianza desigual**, puede tener una estructura autorregresiva en la que la heteroscedasticidad observada a lo largo de diferentes periodos quizá esté auto-correlacionada. Así las tres características mencionadas de los rendimientos son precisamente por las cuales se diseñó dicho modelo. Bollerslev (1986), desarrolló el modelo GARCH el cual básicamente generaliza el modelo ARCH que es puramente autorregresivo, para lograr un modelo autorregresivo de medias móviles. Se establece el supuesto de que las ponderaciones de los cuadrados de los residuos pasados disminuyen geométricamente a una tasa que debe estimarse a partir de los datos. Engle (2004) señala que la especificación GARCH (1,1) es el caballo de batalla de las aplicaciones financieras, pues el modelo se puede emplear para describir la dinámica de volatilidad de casi todas las series de rendimientos financieros:

La predicción GARCH de la varianza es una media ponderada de **tres** predicciones diferentes de la varianza. Una de ellas es una varianza constante que corresponde a la media de largo plazo. La segunda es la predicción que se hizo en el periodo anterior. La tercera corresponde a la nueva información que no estaba disponible cuando se hizo la predicción anterior". (Engle, 2004, p.225.)

De este modo, el modelo GARCH para modelar la volatilidad se establece de la siguiente forma establece de la siguiente forma⁴:

$$\varepsilon_t \sim N(0, y_t) \quad \varepsilon_t = \sqrt{h_t} v_t \quad v_t \sim \text{iid}N(0,1)$$

⁴ Véase Catalán (2011) y Martínez y Venegas (2014).



así, todas las perturbaciones de t a ε_{t-q} tienen un efecto directo sobre ε_t , de tal forma que la varianza condicional actúa como un proceso autorregresivo de orden q . Por lo tanto, la ecuación de la varianza del modelo GARCH (1,1) está determinada por⁵:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \quad (1.3)$$

Donde:

σ_t^2 es la varianza del error,

ε_t es el proceso del error que se modelará y es condicional a la información disponible en el tiempo t ,

$\sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i}$ es la varianza rezagada y

$\sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2$ el *shock* de las noticias

Asimismo, las restricciones en el modelo son: $p \geq 0$, $q > 0$, $\alpha_0 > 0$ y $\alpha_i \geq 0$ (para $i = 1, 2, \dots, q$) y $\beta_i \geq 0$, (para $i = 1, 2, \dots, p$); es decir, el modelo requiere que la varianza condicional sea **no** negativa, entonces, la varianza no crece al infinito y describe un proceso estacionario dado por: $\sum_{i=1}^q (a_i \beta_i < 1)$. De esta manera el modelo GARCH permite modelar la varianza condicional como resultado de las varianzas condicionales pasadas; es decir, por los valores pasados de sí misma y por las perturbaciones pasadas.

Análisis empírico

El análisis inició con la estimación de los rendimientos tomando como base los precios de cierre diarios de las *Siefores* registrados en la Bolsa Mexicana de Valores. El periodo de estudio comprendió del 3 de marzo de 2008 (inicio de operaciones de la SB3) al 28 de septiembre de 2018. La muestra incluyó un total de 8 *Sociedades* que cotizaron sin interrupción durante el periodo de estudio: *Azteca*, *Sura*, *Coppel*, *Citibanamex*, *Invercap*, *Principal*, *ProfuturoGNP* y *PensionISSSTE*. El horizonte de tiempo fue 126 meses (10.6 años) que representaron un total de 2662 datos diarios por cada fondo⁶.

A continuación, se presenta el procedimiento econométrico para la estimación de los rendimientos y el riesgo de mercado para dos fondos: La *Siefore Azteca Básica de Pensiones, S.A. de C.V.* (en adelante *Azteca*) y la

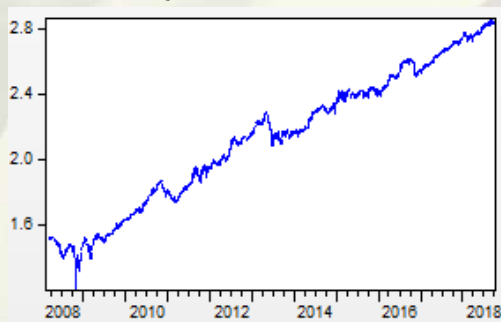
⁵ Véase Bollerslev (1986)

⁶ Se eliminaron los días 18 de noviembre de 2008 y 4 febrero de 2014 ya que la CONSAR repitió el precio del día anterior.



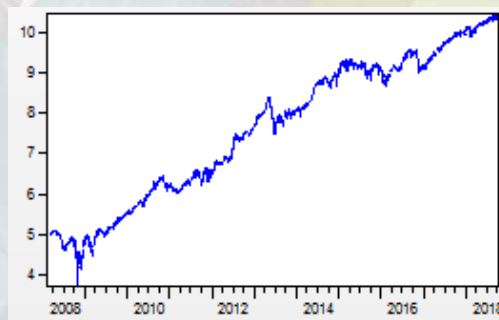
Siefore Sura Básica de Pensiones, S.A. de C.V. (en adelante Sura). Cabe señalar que el mismo procedimiento fue aplicado para los 6 fondos restantes. El proceso de generación de datos basado en las series de tiempo busca ser **estacionario**, entonces, se crearon las variables de precios de *Azteca* y *Sura*. Posteriormente se procedió a realizar una primera verificación tentativa de la existencia de estacionariedad bajo un análisis gráfico de las series en forma de niveles diarios.

Gráfica 1. Serie de precios para Azteca: 2008-2018*



*Último dato al cierre de septiembre.
Fuente: elaboración propia

Gráfica 5. Serie de precios para Sura: 2008-2018*



*Último dato al cierre de septiembre.
Fuente: elaboración propia

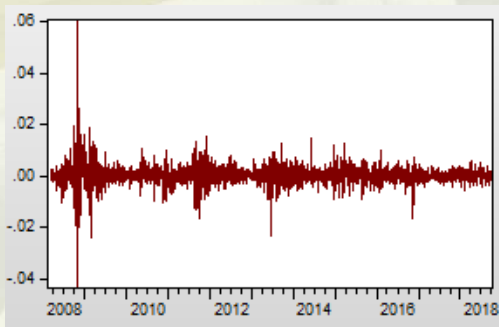
Las gráficas anteriores muestran la evolución de los precios a lo largo de los últimos 10 años. Existe un componente de tendencia creciente (cambio del valor medio de la serie con el paso del tiempo) ya que, a principios de 2008, el precio registrado de *Azteca* fue 1.518674 y para finales de 2018 se situó en 2.847326. Por su parte *Sura* inicio con un precio de 50024689 y cerró en 10.449157. Es notoria la caída a valores mínimos a finales de 2008, en adelante se aprecian ligeros descensos entre 2011-2013 y una recuperación gradual con pocas fluctuaciones en los últimos dos años. Ambas series son **no** estacionarias, dado que no tienen la característica de media y varianza constante a lo largo de toda la muestra.

Como se explicó, las series estacionarias son aquellas que resultan de la diferencia de los logaritmos que justamente coinciden con la serie de los rendimientos de un activo financiero. Entonces se procedió a generar variables del logaritmo de la serie original y posteriormente, se obtuvieron los rendimientos continuos de acuerdo con la ecuación (1.1) donde por simplificación, se asume que los pagos Dt son cero. Después,

se graficaron las nuevas series para analizar el comportamiento de los rendimientos y verificar si cumplían o no con un proceso estacionario.



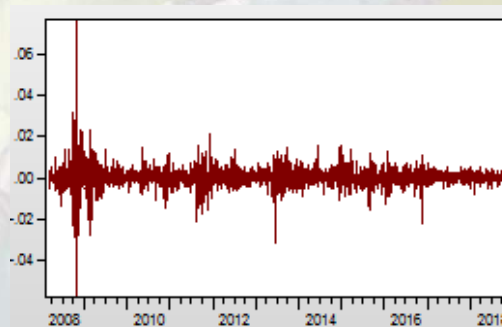
Gráfica 6. Serie de precios para Azteca: 2008-2018*



*Último dato al cierre de septiembre.

Fuente: elaboración propia

Gráfica 7. Serie de precios para Sura: 2008-2018*



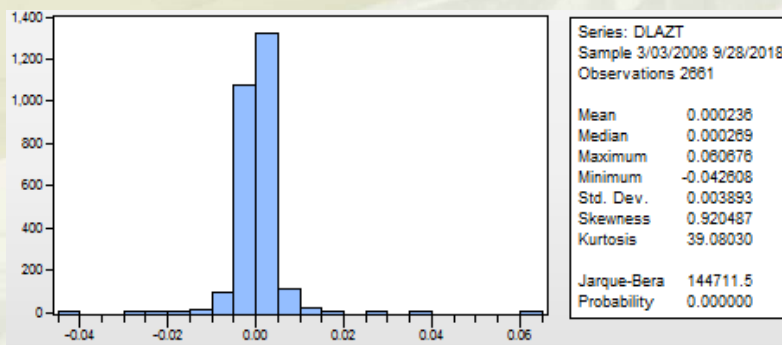
*Último dato al cierre de septiembre.

Fuente: elaboración propia

En las gráficas anteriores, las series de rendimientos están centradas en cero a lo largo del periodo de la muestra. Se observa en 2008 una altísima variabilidad de precios con una caída jamás vista en los últimos 10 años. Los precios fueron afectados por la crisis financiera internacional 2008-2009 que puso de manifiesto la vulnerabilidad de los sistemas financieros internacionales (sobre todo en países desarrollados) y en el caso mexicano, se manifestó (entre otros aspectos) en la caída de los fondos de pensiones. Además, se observan *clústers* de volatilidad: la volatilidad alta en un periodo continuó siéndolo en el periodo siguiente, por el contrario, la que fue baja en un periodo, continuó siendo baja en el periodo siguiente. Los puntos donde la cotización de los precios disminuyó bastante, coincidió con los puntos donde la serie de rendimientos fue más volátil. De esta manera, la transformación de los precios a rendimientos permitió manejar información estable y más adecuada para la modelación econométrica. Ahora bien, para comprobar la normalidad de la distribución de los rendimientos se presentaron los siguientes histogramas y estadísticos básicos:



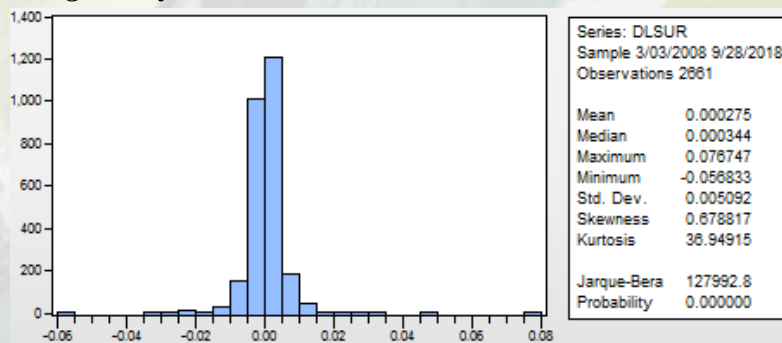
Tabla 3
Histograma y estadísticos básicos de los rendimientos de Azteca



Fuente: elaboración propia



Tabla 4
Histograma y estadísticos básicos de los rendimientos de Sura



Fuente: elaboración propia

Al analizar los datos anteriores, se observa que la media se aproxima a cero para ambos fondos, se situó alrededor del 0.02% por día de apertura. El valor de la *Kurtosis* (K) que mide la magnitud de los extremos se distribuyen según una normal cuando $K = 3$, pero cuanto menor a 3 (ya sea en valor superior o inferior) más se distancia de la forma de una función de distribución normal. El valor de K para *Azteca* fue 39.08 y para *Sura* de 36.94, dichos valores tan altos corresponden a distribuciones leptocúrticas e infieren la presencia de colas pesadas. Además, ambos fondos, presentan coeficientes de asimetría (*skewness*) positivos, lo que indica que los rendimientos poseen asimetría en los extremos de la cola derecha en relación a una distribución normal. Por su parte, los valores del estadístico *Jarque-Bera* establece la *Hipótesis nula* (H_0) que las series poseen una distribución de probabilidad normal, al respecto; con un nivel de significancia de 5% y 2 grados de libertad para los rendimientos se obtuvo un valor Chi teórico de 5.992 por lo que se rechaza la H_0 establecida por el valor *Jarque-Bera* (el cual fue de 144711.5



para *Azteca* y 12799.8 para *Sura*) por lo tanto, las series no responden a una distribución normal.



Con el objetivo de observar la factibilidad de modelar los rendimientos (las primeras diferencias de los logaritmos de los precios) bajo los Modelos ARMA, se realizaron dos pruebas formales de raíz unitaria para comprobar que las series fueran estacionarias: el *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) y la prueba *Phillips-Perron* (PP). Estas pruebas establecen la H_0 de presencia de raíz unitaria de acuerdo a la comparación entre el *T-statistic* y los distintos valores críticos de *MacKinnon*. Se dice que una serie presenta raíz unitaria si alguno de dichos valores es mayor que el *T-statistic* (en valores absolutos). Por lo tanto, se procedió a efectuar ambas pruebas y los resultados se muestran en las siguientes Tablas:

Tabla 5
Pruebas de raíz unitaria para Azteca

Variable	Modelo	Prueba						Clasificación
		ADF	P-value	DW	PP	P-value	DW	
T-statistic	1	-41.72422	0.0000	1.980837	-41.05779	0.0000	1.980837	estacionaria
	2	-41.89092	0.0000	1.979786	-41.13711	0.0000	1.979786	estacionaria
	3	-41.88668	0.0000	1.979805	-41.12951	0.0000	1.979805	estacionaria
Valores críticos de MacKinnon	1	-1.940943*			-1.940943*			estacionaria
	2	-2.862427*			-2.862427*			estacionaria
	3	-3.411497*			-3.411497*			estacionaria

*Indica que la prueba fue significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia



Tabla 6
Pruebas de raíz unitaria para Sura

Variable	Modelo	Prueba						Clasificación
		ADF	P-value	DW	PP	P-value	DW	
T-statistic	1	-34.19689	0.0000	2.001095	-40.92840	0.0000	1.976856	estacionaria
	2	-34.35016	0.0000	2.001502	-40.96387	0.0000	1.976053	estacionaria
	3	-34.35573	0.0000	2.001498	-40.97237	0.0000	1.976055	estacionaria
Valores críticos de MacKinnon	1	-1.940943*			-1.940943*			estacionaria
	2	-3.411497*			-3.411497*			estacionaria
	3	-2.862427*			-2.862427*			estacionaria

*Indica que la prueba fue significativa al 95%. Para llevar a cabo el contraste de la estacionariedad se aplicaron las pruebas ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) y PP (*Phillips-Perron*) para los siguientes tres modelos: 1) sin intercepto y sin tendencia, 2) con intercepto o deriva y 3) con intercepto y con tendencia determinística y/o estocástica.

Fuente: elaboración propia

Para *Azteca* y *Sura*, se observó que al 95% de confianza se rechazó la H_0 de presencia de raíz unitaria después de aplicar las primeras diferencias. Los distintos valores de los *T-statistic* fueron mayores que cualquiera de los valores críticos de *MacKinnon*, por lo tanto, las series **son estacionarias**. Además, en el test *Durbin-Watson* los rezagos incorporados en las pruebas ADF y PP eliminaron correctamente posibles problemas de autocorrelación en los residuos.

Para identificar los valores apropiados de p , d y q se aplicó la metodología *Box-Jenkins* utilizando el análisis gráfico de la Función de Autocorrelación (FAC) y la Función de Autocorrelación Parcial (FACP) en primeras diferencias. Los correlogramas proporcionaron indicios para poder estimar que ambas series seguían un proceso AR puro (el valor de p) bajo modelos Autorregresivos de orden 1 o AR(1) para ambos fondos ya que el primer valor de la FACP presentó el patrón típico de pico únicamente en el primer rezago. Al ser modelos integrados de orden 1, por sus primeras diferencias dadas por $I(0)$ fueron estacionarios. La búsqueda de estacionariedad de las series coincidió con la estimación de los rendimientos diarios para un horizonte de los **últimos 126 meses**. Posteriormente, se estimó el **rendimiento promedio anualizado** de acuerdo con la ecuación (1.2). De esta manera, en la siguiente Tabla se presentan los rendimientos de las *Siefres* de mayor a menor desempeño.



Tabla 7
Rendimiento promedio anualizado de las Siefore de la SB3: 2008-2018
-últimos 126 meses-

	Siefore	Rendimiento promedio anualizado*
1	ProfuturoGNP	7.04%
2	PensionISSSTE	6.93%
3	Sura	6.92%
4	Citibanamex	6.28%
5	Azteca	5.94%
6	Principal	5.91%
7	Coppel	5.74%
8	Invercap	5.04%

*Los rendimientos diarios se anualizaron multiplicándolos por la raíz del número de días que las SB3 cotizó en el año (251.6 días) para obtener la tasa promedio anualizada.

Fuente: elaboración propia

Una vez estimados los rendimientos, se procedió a calcular **riesgo de mercado**, por lo que se calculó la varianza condicional de ambas *Siefores* con los modelos de la familia ARIMA-GARCH. El Modelo GARCH se compone de dos ecuaciones interrelacionadas: una para la media condicional que se indica aquí como un Modelo ARIMA($p, 1, q$) que se presenta en la primera parte de las Tablas 8 y 9 y la ecuación de la varianza condicional (σ_t^2) dada por (1.3) que aparece en la segunda parte. Ambas ecuaciones se resuelven de manera simultánea para obtener los coeficientes y verificar la significancia estadística de cada uno y así seleccionar el modelo con mejor ajuste. Para comprobar el efecto ARCH, se utilizó la prueba del *Multiplicador de Lagrange* que se basa en la autocorrelación de los residuos elevados al cuadrado y en ambos casos se rechazó la H_0 de ausencia de efectos de heteroscedasticidad condicional autorregresiva con una significancia menor al 1%. Por su parte, el parámetro sujeto a la regresión fue inferior a 1 (0.465184 para *Azteca* y 0.480295 para *Sura*) confirmando que las series si tenían efectos ARCH y por consiguiente la varianza de los rendimientos fue variante en el tiempo y pudo ser modelada. Considerando lo anterior, se estimaron cuatro modelos para cada *Sociedad* y a continuación se presentan los resultados de las estimaciones de los modelos ARIMA-GARCH para *Azteca*.



Tabla 8
Modelos ARIMA-GARCH estimados para Azteca

	Modelos			
	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)	AR (1)AR(11)
α_0	0.000317	0.000318	0.000318	0.00031
Z-stat	6.8864	6.894526	6.896286	6.679874
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_1	0.126874	0.126965	0.126995	0.126235
Z-stat	5.957379	5.89923	5.898164	5.9011
P	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
α_2	-0.046895	-0.046812	-0.046771	-0.046699
Z-stat	-2.285715	-2.281381	-2.279101	-2.281514
P	0.0223	0.0225	0.0227	0.0225
	GARCH(1,1)	GARCH(2,1)	GARCH(1,2)	GARCH(2,2)
α_0	2.37E-07	2.39E-07	2.33E-07	4.32E-07
Z-stat	3.65E+00	3.56E+00	2.82E+00	3.6927
P-value	0.0003	0.0004	0.0048	0.0002
α_1	0.151798	0.149919	0.149081	0.162228
Z-stat	6.868719	3.668465	3.670185	6.410075
P-value	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000
β_1	0.832941	0.002808	0.85819	0.126534
Z-stat	42.64128	0.06404	3.114424	4.486223
P-value	0.0000	0.9489	0.0018	0.0000
β_2		0.83192	-0.022252	-0.099252
Z-stat		36.9549	-0.093546	-1.748651
P-value		0.0000	0.9255	0.0804
β_3				0.783973
Z-stat				16.17936
P-value				0.0000
Akaike info criterion	-8.910770	-8.910018	-8.910019	-8.910736
Schwarz criterion	-8.897451	-8.89448	-8.894481	-8.892978
Hannan-Quinn criter.	-8.905949	-8.904393	-8.904395	-8.904308

Fuente: elaboración propia

La estrategia de selección del modelo con mejor ajuste fue la comparación entre los criterios de información de *Akaike*, *Schwarz* y *Hannan-Quinn* (celdas en rojo). Se minimizó sin tomar en cuenta los valores absolutos; es decir, considerando los signos tal cual. De esta manera los resultados de las estimaciones de los modelos ARIMA-GARCH permitieron seleccionar que el modelo con mejor ajuste para *Azteca* y *Sura* fue un AR(1) AR(11) GARCH (1,1) ya que en ambos casos, los valores del modelo fueron estadísticamente significativos, el coeficiente de la constante fue positivo y la suma de los coeficientes del término ARCH (el *shock* de las noticias) y del término GARCH (la volatilidad de un periodo anterior) fueron menores a 1, lo que indica



que los modelos fueron estacionarios. La siguiente Tabla presenta los modelos econométricos seleccionados para las 8 *Siefore* analizadas, así como la ecuación de la varianza de las mismas.



Tabla 10

Modelos estimados y ecuaciones de varianza para las *Siefore* de la SB3.

	Siefore	Modelo	Ecuación de la varianza
1	Azteca	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000237 + 0.151798\varepsilon^2_{t-1} + 0.832941\sigma^2_{t-1}$
2	Sura	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000359 + 0.167657\varepsilon^2_{t-1} + 0.823012\sigma^2_{t-1}$
3	Coppel	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000196 + 0.140961\varepsilon^2_{t-1} + 0.841366\sigma^2_{t-1}$
4	Citibanamex	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000335 + 0.174153\varepsilon^2_{t-1} + 0.817043\sigma^2_{t-1}$
5	Invercap	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000108 + 0.139237\varepsilon^2_{t-1} + 0.869830\sigma^2_{t-1}$
6	Principal	AR(1)AR(11) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000314 + 0.154488\varepsilon^2_{t-1} + 0.829410\sigma^2_{t-1}$
7	ProfuturoGNP	AR(1)AR(11) GARCH (1,2)	$\sigma_t^2 = 0.000000352 + 0.173455\varepsilon^2_{t-1} + 0.400685\sigma^2_{t-1} + 0.409275\sigma^2_{t-2}$
8	PensionISSSTE	AR(1) GARCH (1,1)	$\sigma_t^2 = 0.000000292 + 0.142934\varepsilon^2_{t-1} + 0.838849\sigma^2_{t-1}$

Fuente: elaboración propia

Interpretando las ecuaciones de varianza, se observa que los valores y el parámetro asignado del GARCH (1,1) fue estadísticamente significativo y la varianza fue positiva y finita para las 8 *Sociedades*. Por su parte, la suma de los coeficientes de los términos ARCH y GARCH fueron 0.98473900 para *Azteca* y 0.99066900 para *Sura*, ambos valores cercanos a la unidad significan que los *shocks* fueron bastante persistentes y que el proceso de varianza es convergente a su valor no condicional o de largo plazo. Una vez resueltas las ecuaciones de varianzas, se estimó el riesgo promedio anualizado y se presentaron los resultados en la siguiente Tabla de mayor a menor riesgo.

Tabla 11

**Riesgo promedio anualizado de las *Siefore* de la SB3:2008-2018
-últimos 126 meses-**

	Siefore	Riesgo promedio anualizado*
1	Invercap	16.01%
2	Citibanamex	15.72%
3	Sura	15.71%
4	Azteca	15.62%
5	Principal	15.61%
6	ProfuturoGNP	15.60%
7	Coppel	15.58%
8	PensionISSSTE	15.57%

*El riesgo diario se anualizó multiplicándolo por la raíz del número de días que las *SB3* cotizó en el año (251.6 días) para obtener la tasa promedio anualizada.

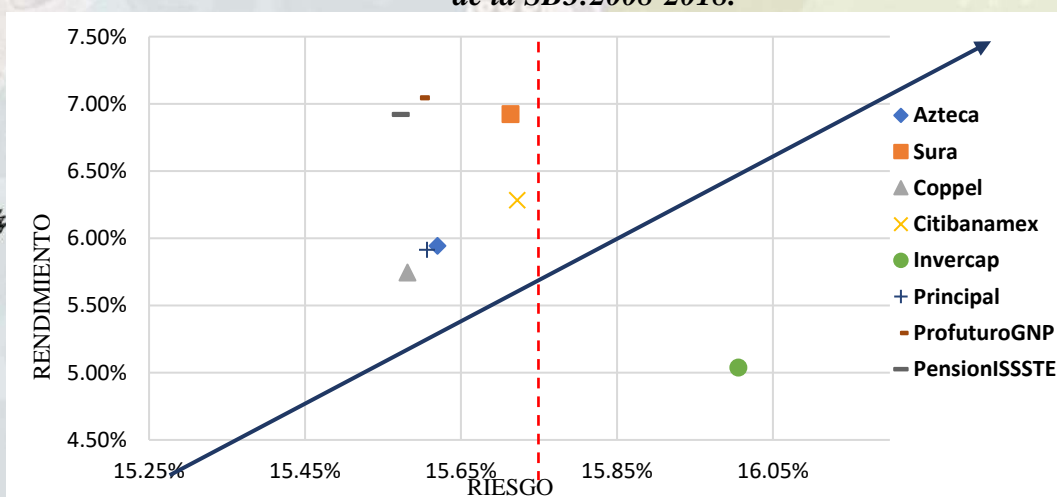
Fuente: elaboración propia



Una vez calculados los rendimientos y el riesgo, se procedió a comprobar la relación *riesgo-rendimiento* representada por la recta en color azul (véase gráfica 8) y al colocar el riesgo en abscisas y el rendimiento en ordenadas se observó que la *Siefore* con la mayor exposición al riesgo (*Invercap*) obtuvo los rendimientos más bajos de todos los fondos. En contraste la *Siefore* con los rendimientos más altos (*ProfuturoGNP*) no fue la que expuso sus inversiones al mayor riesgo de mercado. Lo anterior, descarta contundentemente ben la práctica el cumplimiento del postulado propuesto por Markowitz de *-a mayor riesgo mayor rendimiento-*.

La segunda posición en generación de rendimientos fue para *PensionISSSTE* con 6.93%, pero se expuso a un riesgo menor (0.03%) respecto a *ProfuturoGNP*. En tercer lugar, se ubicó *Sura* al pagar rendimientos del 6.92%, pero con un riesgo mayor (0.11%) en comparación con *ProfuturoGNP*. La línea punteada en rojo representa el promedio simple del riesgo de mercado de los ocho fondos el cual fue de 15.67% y como se aprecia, sólo tres fondos están a la derecha de dicho promedio: *Sura*, *Citibanamex* e *Invercap*. Por su parte, las *Siefores* más aversas al riesgo fueron *PensionISSSTE* con un 15.57% y *Coppel* con un 15.58%; sin embargo, este último fondo pago más rendimientos (0.70%) que la peor posicionada *Invercap*

Gráfica 8. Riesgo promedio anualizado vs rendimiento promedio anualizado de la SB3:2008-2018.



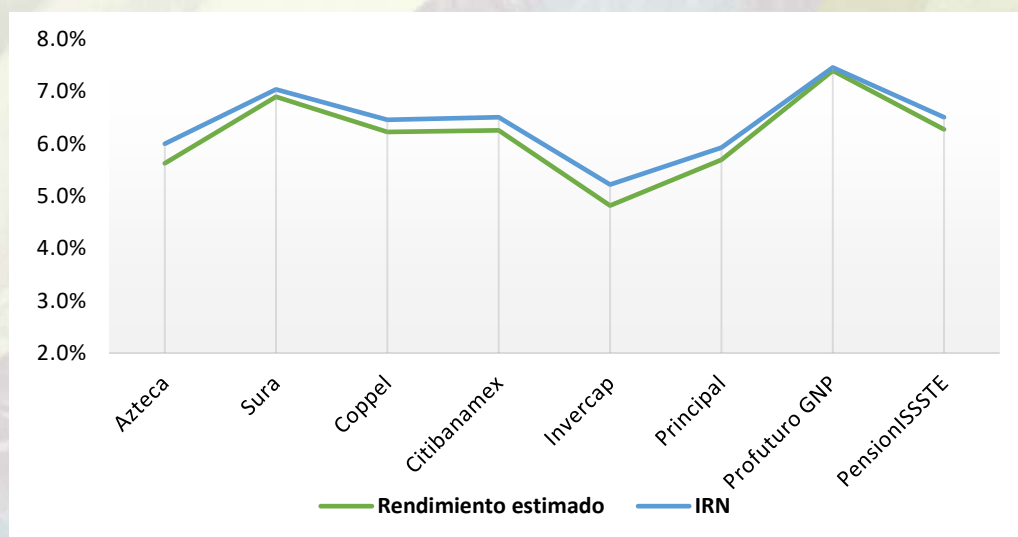
Fuente: elaboración pro

Por último, se realizó la comparación de los rendimientos estimados con el IRN de la CONSAR, para el horizonte de los últimos 84 meses; por lo tanto, los rendimientos se calcularon de septiembre de 2011 a



septiembre de 2018. El IRN representado por la línea azul (véase Gráfica 9) superaron ligeramente los rendimientos estimados representados por la línea verde. Al respecto, se puede observar una alta coincidencia entre ambos rendimientos; por ejemplo *ProfuturoGNP* fue el fondo con mayores rendimientos para ambas metodologías (con un diferencial del 0.06%), en contraste los rendimientos más bajos fueron para *Invercap* (con un diferencial de 0.14%)

Gráfica 9. Rendimientos vs IRN de la CONSAR para las Siefores de la SB3 -Últimos a 84 meses.



Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Al término de la investigación se presentan los argumentos para **aceptar la hipótesis** planteada al inicio de ese trabajo que estableció que la relación *riesgo-rendimiento* **no** se cumple para las *Siefore* que conformaron la SB3 porque las inversiones con mayor riesgo, no generaron mayores rendimientos. El análisis econométrico permitió demostrar que *Invercap* incurrió en el mayor riesgo de mercado, por lo tanto, se esperaba que obtuviera los rendimientos más altos; sin embargo, ocurrió lo contrario ya que generó los rendimientos más bajos de todos los fondos. Por lo tanto, en la práctica la relación *riesgo-rendimiento* fue completamente **nula** para dicho fondo y contradice la teoría financiera. La evidencia empírica permitió demostrar que la *Siefore* con la mejor relación *riesgo-rendimiento* fue *ProfuturoGNP* y la peor relación fue para *Invercap*.



Por su parte, los rendimientos estimados comparados contra el IRN Neto de la CONSAR fueron coincidentes, pero **inferiores** en todos los casos. Dicha comparativa se realizó con el fin de observar si existían o no coincidencias en valores de rendimientos que pudieran reflejar el comportamiento de los fondos más apegado al del regulador. Respecto al mecanismo de *LSS* que ofrece mayores rendimientos para los ahorradores (a cambio de un mayor nivel de riesgo) se demostró que en la práctica no fue financieramente viable, ya que los modelos econométricos demostraron que (por lo menos para la SB3) los fondos con mayor exposición al riesgo, no generaron mayores rendimientos.

El problema de los rendimientos **decrecientes** de los fondos podría estar relacionado con la propia operación de los comités de Inversión y de riesgos financieros de las *Siefores* y específicamente en sus estrategias de inversión para la compra-venta de instrumentos financieros, los rendimientos que esperan obtener y los riesgos que asumen. Lo anterior, representa una línea de investigación que podría analizarse si se cuenta con la información del proceso de inversión de una *Siefore* en particular.

Es importante señalar que dos de los fondos analizados en este estudio (*ProfuturoGNP* y *PensionISSSTE*) financiaron el proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) que fue cancelado. Al ampliar el cálculo de los rendimientos y el riesgo al primer semestre de 2019, se podría conocer si se generaron o no minusvalías en el ahorro de los trabajadores para dichos fondos. Finalmente, la última reforma a la LSAR para cambiar los multifondos de las *Siefores* a fondos generacionales tiene el fin de generar mayores rendimientos, al respecto es importante realizar la medición futura de los mismos bajo este nuevo esquema, con el objetivo de conocer si efectivamente los rendimientos serán mayores en comparación al sistema anterior de *Siefores*.

Referencias

- Administración y Economía (2013) *Rendimiento y Riesgo: conceptos básicos*. Recuperado de: <http://admonyeconomia.blogspot.com/2012/05/rendimiento-y-riesgo-conceptos-basicos.html>
- Banco de México (2005) *Definiciones básicas de riesgos*. Recuperado de: <http://www.anterior.banxico.org.mx/sistema-financiero/index.html>





Banda, H.; González, L. y Gómez, D. (2014) *Una aproximación de la teoría de portafolio a las Siefores en México*. Pensamiento y gestión, N°36. Universidad Tecnológica de Querétaro, Querétaro.

Banda, H. y D. Gómez (2009) *Evaluación de un portafolio de inversión institucional: el caso de los fondos de pensiones en México*. Revista Innovaciones de Negocios 6(2) pp. 303-323. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.

Blanco, F.; Ferrando, M. y Martínez, M. (2015) *Teoría de la inversión*. Ediciones Pirámide. Madrid.

Bollerslev, T. (1986) *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, *Journal of Econometrics*, Vol. 31 (3) abril, pp. 307-327.

Bonifant, L. y D. Gómez (2010) *Comparación de la tasa de reemplazo entre Afores*. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.

Catalán, H. (2011). Especificación y estimación de los modelos ARCH. Recuperado de:

https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/cc_11.2011.horario.catalan.modelosarch.esp_.pdf

Comisión Nacional de los Sistemas de Ahorro para el Retiro (2018) *Diagnóstico del sistema de ahorro para el retiro en México: Funcionamiento, beneficios y retos*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/diagnostico-del-sistema-de-ahorro-para-el-retiro-en-mexico-funcionamiento-beneficios-y-retos?idiom=es>

(2018a) *El contexto demográfico de las pensiones*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/articulos/el-contexto-demografico-de-las-pensiones>

2018b) *Panorama General del SAR*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/consar/documentos/panorama-general-del-sar-56798?idiom=es>

(2017) *Radiografía del sistema de pensiones a 20 años de su creación*. Recuperado

de:https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241559/Radiograf_sistema_20an_os.pdf



(2017b) *Boletín de Prensa N°07/2017*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187337/2001707_Cambio_de_SIEFORE_.pdf

El Financiero (2019). *Ahorros de trabajadores dirán 'adiós' a multifondos y 'hola' a los fondos generacionales*. Disponible en: <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/ahorros-de-trabajadores-diran-adios-a-multifondos-y-hola-a-los-fondos-generacionales>

Engle, R. (2004) *Riesgo y volatilidad: modelos econométricos y practica financiera*. *Revista Asturiana de Economía* N.º 31, New York University.

Engle, R. y J. Patton, (2001) *What a Good is a Volatility Model?* *Quantitative Finance*, 1(2), pp.237-245.

e-SAR (2018) *Información sobre el SAR en México*. Recuperado de: <https://www.e-sar.com.mx/PortalEsar/public/sieforeInfo.do>

Galán, J. (2014) *México: Análisis empírico de la relación peso-dólar, 2000-2014*. *Revista Otros Artificios*. Año 1 (3) marzo, pp. 7-13. Universidad Autónoma de México, Ciudad de México.

Gómez, M. (2016) *Una propuesta de cambio al régimen de inversión 2015 de las Siefores*. Tesis de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.

Gujarati, D y D. Porter (2010) *Econometría*. Quinta Edición. Editorial, McGraw-Hill Interamericana

Herrera, F. (2015) *Riesgo y Rendimiento de la Siefore Básica 4 en México: Una Estrategia de Administración de Riesgos*. Tesis de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Jorion, P. (2004) *Valor en riesgo*. Editorial Limusa. Ciudad de México.

Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro (1996). *Publicada en el DOF el día 23 de mayo de 1996. Última reforma publicada el 10 de enero de 2014*.



Martínez, M. y F. Venegas (2014) *Análisis del riesgo de mercado de los fondos de pensión en México. Un enfoque con Modelos autorregresivos*. *Revista Contaduría y Administración* 59 (3) julio-septiembre: pp. 165-195. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Markowitz, H. (1952) *Portfolio Selection, The Journal of Finance, Vol.7, No.1*. pp. 77-91 Recuperado de: https://www.jstor.org/stable/2975974?seq=1#page_scan_tab_contents

Pokorny, M. (1987) *An Introduction to Econometrics*, Basil Blackwell, Nueva York, 1987, p. 343.

Romero, G. (2016) *Los sistemas de pensión en México: análisis del riesgo y rendimiento de los portafolios de las Siefores 2008-2012*. Tesis de Posgrado. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

Santillán, R.; Martínez, M. y López, F. (2016) *Análisis econométrico del riesgo y rendimiento de las Siefores*. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época* 11 (1), pp. 29-54.

UNAM, (2015) *Análisis de Riesgo y Portafolios de Inversión. Facultad de Economía*. Universidad Autónoma de México. Ciudad de México.

Véliz, S.; Cervantes, T.; y Carmona, E. (2012) *Análisis de riesgo vs. rendimiento de las acciones más volátiles que han cotizado en la BMV de 2003 a 2011*. *Revista Universitaria de Administración* 5 (3). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

