

## El manejo del riesgo de longevidad en los sistemas públicos de pensiones. Una propuesta de uso de *swaps* de longevidad para México\*

Managing Longevity Risk in Public Pension Systems. A Proposal to Use Longevity swaps for Mexico

*Luis Raúl Rodríguez-Reyes\*\**

### ABSTRACT

*Background:* Longevity risk, defined as the possibility of people outliving its expected life span, hurts pension systems because it implies a potential underestimation of reserves kept in order to fulfill future liabilities. Nevertheless, this has a positive connotation for life insurers, given that these companies may face a deferral in their liabilities when people live longer than expected.

*Methods:* In this research paper, a longevity *swap* is proposed as an alternative to manage longevity risk, using the natural hedge arising from opposite positions regarding the same risk. In order to apply it to the management of the longevity risk faced by Mexico's federal government, some changes were made in the general framework used to construct and value this kind of derivatives, adding a *proportional longevity index* and a *monetization variable*.

*Results:* These modifications give the referred framework a wider scope; *e.g.*, it can be applied to systems with growing number of pensioners, as the one created by the Mexican reform of 1997. Furthermore, a 50 year longevity *swap* between the Mexican government and a syndicate of life insurers and reinsurers is proposed, analyzed, and simulated and an *ex post* cost of 1.6 billion of 2017 pesos for the federal government is estimated.

\* Artículo recibido el 10 de junio de 2016 y aceptado el 19 de octubre de 2016. El autor agradece las sugerencias del dictaminador anónimo de *El Trimestre Económico*. Los errores remanentes son responsabilidad del autor.

\*\* Profesor-investigador en la Universidad Panamericana, Campus Guadalajara. Escuela de Ciencias Económicas y Empresariales (correo electrónico: lurodriguez@up.edu.mx).

*Conclusions:* Protection provided to the Mexican government by the proposed longevity *swap* is remarkable. However, its cost has to be considered, as it is biased by the expected longevity behavior.

*Key words:* longevity, *swap*, pension. *JEL Classification:* G22, G23, H55, J11, J26.

## RESUMEN

*Antecedentes:* El riesgo de longevidad, definido como la posibilidad de que las personas sobrevivan más allá de lo esperado, tiene el potencial de dañar a los sistemas de pensiones en general, ya que se traduce en la subestimación de reservas para cumplir obligaciones de pago futuro. Sin embargo, este fenómeno tiene una connotación positiva para los proveedores de seguros de vida, ya que al realizarse el riesgo de longevidad, habría un diferimiento en sus obligaciones financieras.

*Metodología:* En este artículo se propone un *swap* de longevidad como mecanismo para reducir la exposición al riesgo de longevidad, usando el *hedge* natural de las posiciones respecto a la longevidad de las dos instituciones mencionadas. Para su aplicación a las obligaciones pensionarias del gobierno federal mexicano, se modificó el método general de estructuración y valuación de este tipo de instrumentos con la inclusión de un *índice de longevidad proporcional* y de una *variable de monetización*.

*Resultados:* Estas modificaciones permiten una utilización más amplia del método referido, que puede ser aplicado en sistemas con un número de pensionados creciente, como el derivado de la reforma de 1997 en México. Adicionalmente, se propone, analiza y simula un *swap* de longevidad de 50 años entre el gobierno federal y un consorcio de aseguradoras y reaseguradoras de vida, cuyo costo *ex post* para el gobierno federal se estima en 1.6 miles de millones de pesos de 2017.

*Conclusiones:* El *swap* de longevidad propuesto le da una cobertura notable a los flujos contingentes del gobierno federal mexicano, no obstante, se tiene que considerar el costo, en el cual existe un recargo proveniente del potencial comportamiento de la longevidad.

*Palabras clave:* longevidad, *swaps*, pensiones. *Clasificación JEL:* G22, G23, H55, J11, J26.

## INTRODUCCIÓN

El riesgo de longevidad, que se define como la probabilidad de que las personas sobrevivan más allá de lo esperado, genera un daño financiero a los programas de pensiones en general, ya que se traduce en la potencial

subestimación de las reservas, y por lo tanto, implica un riesgo de déficit de recursos financieros para cumplir las obligaciones de pago futuras. Este riesgo afecta a los programas de pensiones de beneficio definido a cargo de organismos gubernamentales, aunque no es exclusivo de ellos, todo sistema pensionario en el que exista una obligación de pago vitalicia es afectado por el riesgo de longevidad.

Una forma de manejar este riesgo es la utilización de productos derivados financieros, por medio de los cuales es posible transformar la longevidad en un activo que genere rendimientos a inversionistas e instituciones que deseen comprarlo o venderlo. Este tipo de mecanismos, entre los cuales se incluyen futuros, opciones, *swaps* y combinaciones de ellos, permiten la dispersión de este riesgo entre varios actores dispuestos a tomarlo para cancelar sus posiciones contrarias de longevidad, que buscan posiciones en activos con riesgos no correlacionados o simplemente que quieren obtener ganancias especulativas.<sup>1</sup>

En este artículo se propone la utilización de un *swap* para manejar el riesgo de longevidad relacionado con las obligaciones pensionarias, ya que de todos los productos derivados financieros que se podrían utilizar para reducir el riesgo de los sistemas de pensiones, los *swaps* de longevidad son los más sencillos de construir e implican un costo menor de implementación. Tienen como desventaja que se deben estructurar caso por caso, lo que provoca que no sean instrumentos líquidos, situación que no debería generar problema en el caso propuesto, al no tener un elemento especulativo.

La principal contribución de este artículo es la generalización de un modelo de estructuración y valuación de un *swap* de longevidad, por medio de la construcción de un índice de longevidad proporcional y una variable de monetización, que permiten usar el derivado financiero referido en un amplio rango de sistemas de pensiones en los cuales existen trabajadores activos, tomado en cuenta las particularidades de cada caso.

También se propone el uso de la metodología modificada para disminuir la exposición del gobierno federal mexicano al riesgo de longevidad, por medio de un *swap* de longevidad, el cual se puede estructurar como un instrumento fuera del mercado (OTC, por sus siglas en inglés) entre el gobierno federal y el sector de aseguradoras y reaseguradoras de vida, tanto nacional como internacional.

<sup>1</sup> Para un análisis exhaustivo de los diferentes instrumentos derivados financieros ligados a longevidad existentes en la literatura véase Blake *et al.* (2006 y 2013).

El resto del documento se divide de la siguiente manera. Se inicia con la revisión de la literatura relevante relacionada con la utilización de *swaps* para cubrir posiciones de longevidad (sección I). A continuación, se hace una revisión histórica de la experiencia internacional en instrumentos financieros y su utilización para el manejo del riesgo de longevidad (sección II). Posteriormente, se propone un índice de longevidad proporcional, aplicable a grupos de pensionados que tienen crecimiento por trabajadores activos y se realiza la estructuración y valuación del *swap* de longevidad, agregando una variable de monetización a la formulación general prevaleciente en la literatura (sección III). En seguida se analiza la propuesta de aplicar el *swap* de longevidad en México, en particular en lo relacionado con los pasivos pensionarios derivados de la reforma a la Ley del Seguro Social de 1997 (sección IV). Luego se desarrolla una simulación referida a México del modelo presentado en este documento con el fin de ilustrar los conceptos vertidos (sección V). Por último, se presentan las conclusiones y la discusión final.

## I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La idea de utilizar productos derivados financieros para manejo del riesgo de longevidad se ha discutido en la literatura desde hace algunos años. Por ejemplo, en Blake *et al.* (2006) se analiza el uso de instrumentos financieros ligados a la mortalidad y su utilización por las empresas de los ramos asegurador, pensiones y rentas vitalicias para manejar su exposición al riesgo de longevidad. Dentro de su análisis se describen los *swaps* de mortalidad, como un acuerdo para intercambiar un flujo de efectivo en el futuro, basados en el resultado de un índice de mortalidad, haciendo referencia al artículo de Cox y Lin (2004) y su análisis del *hedge* natural que ocurre entre una aseguradora de pensiones y una aseguradora de vida, cuando la mortalidad disminuye respecto a un escenario esperado.

En particular, Cox y Lin (2004) proponen utilizar el *hedge* referido de dos maneras: la primera, dentro de una sola compañía que ofrezca los dos productos, seguros de vida y pensiones, lo que le permitiría un manejo de riesgos más eficiente y el cobro de menores primas; y la segunda, la transferencia de riesgos entre dos aseguradoras con diferentes posiciones respecto a la variación en mortalidad por medio de un *swap*, que es justo la propuesta que se retoma en el presente artículo. Adicionalmente, Cox y Lin (2004) realizan una propuesta de construcción y valuación de un *swap* de longe-

vidad, en la cual consideran las diferencias generadas por un fenómeno de selección adversa para construir los flujos a ser intercambiados, partiendo del supuesto de que las personas con buena salud tienen incentivos para comprar rentas vitalicias y las personas con mala salud tienen el incentivo de comprar seguros de vida. Tomando las diferentes experiencias de mortalidad derivadas de este problema de información, Cox y Lin (2004) construyen los flujos a intercambiar y valúan el *swap* igualando su valor a cero. Sin embargo, su metodología pudiera ser de difícil aplicación, ya que implicaría la elaboración de dos o más índices de longevidad para cada contrato de un *swap* de longevidad.

A este respecto, Dowd *et al.* (2006) presentan una formulación más sencilla. Ellos construyen un modelo de estructuración y valuación del *swap* basado en un solo índice de mortalidad, al balancear las diferentes perspectivas sobre longevidad generadas por el problema de selección adversa, mencionadas por Cox y Lin (2004), por medio de una prima que iguala el valor del *swap* a cero al inicio del contrato. Debido a que este enfoque tiene una estructura más sencilla, en el presente documento se adopta la idea de usar el *hedge* natural que ocurre entre las aseguradoras de vida y los sistemas de pensiones propuesta por Cox y Lin (2004), pero utilizando el modelo general de estructuración y valuación de Dowd *et al.* (2006).

Cabe señalar que el modelo de Dowd *et al.* (2006) fue desarrollado para un fondo de pensiones cerrado, es decir, con un número fijo de pensionados, los cuales se van reduciendo con la mortalidad y con un monto de pensión fijo. Estas dos características son un obstáculo para aplicarlo en un sistema de pensiones que tenga un número de miembros creciente y otras características particulares que hagan difícil monetizar un índice de longevidad, como lo es un monto de pensión variable.

Por ello, en lo que representa la principal contribución de este artículo a la literatura, se realizan modificaciones a la propuesta general de estructura y valuación de un *swap* de longevidad de Dowd *et al.* (2006), enriqueciéndola al construir un índice de mortalidad que permite el crecimiento de la población pensionaria e introduciendo una variable para monetizar los flujos de longevidad. Con ello, el modelo modificado tiene un rango de aplicación mayor, lo que se muestra más adelante cuando se construye una propuesta de un *swap* de longevidad para el manejo de este tipo de riesgo en el sistema de pensiones de la Ley del Seguro Social anterior, que está a cargo del gobierno federal en México.

## II. EXPERIENCIA INTERNACIONAL

En cuanto a la experiencia internacional con instrumentos financieros para el manejo del riesgo de longevidad es necesario mencionar que los resultados han sido mixtos, con algunos instrumentos como los bonos catastróficos de mortalidad y los *swaps* de longevidad, que son en general bien recibidos por el mercado, mientras otros, como los bonos de longevidad, no han generado el suficiente interés en los mercados financieros.<sup>2</sup>

Por un lado, respecto a los ejemplos en donde se utilizan bonos para transferir riesgo, el tipo de instrumentos que han sido exitosos en los mercados de capital son los bonos catastróficos de mortalidad, diseñados para dar protección a aseguradoras y reaseguradoras sobre eventos catastróficos con gran impacto (*e. g.*, epidemias, terrorismo, desastres naturales). Estos bonos se caracterizan por un vencimiento de tres a cinco años, por lo que en realidad no cubren el riesgo de longevidad como se entiende en el contexto de la literatura. Como un ejemplo particular de un bono de mortalidad catastrófica está el bono, con una madurez de cuatro años, emitido en 2003 por Swiss Re, que recaudó 400 millones de dólares, y cuyo principal estaba ligado a escenarios adversos de mortalidad.<sup>3</sup>

Por otro lado, el tipo de bonos cuya colocación ha sido problemática son los bonos de longevidad, que se caracterizan porque el pago de cupones cae conforme se eleva un índice de mortalidad. El primer intento de emisión privada fue un bono de longevidad a 25 años, estructurado por BNP Paribas y emitido por el European Investment Bank en 2004, el cual se canceló por falta de interés. El segundo intento lo realizaron el Banco Mundial y la Superintendencia de Valores y Seguros de Chile en 2010, que tampoco logró el éxito esperado, y tuvo que cancelarse al no percibirse interés por parte de las compañías aseguradoras, un riesgo base alto y problemas burocráticos en el país andino.<sup>4</sup>

En lo relacionado con la utilización de productos derivados financieros para el manejo del riesgo de longevidad, el más exitoso ha sido el *swap* de longevidad, el cual, de acuerdo con lo reportado en Oppers *et al.* (2012), ha registrado la mitad del valor del mercado de transacción de riesgos en el

<sup>2</sup> Es importante notar que existen estrategias de cobertura del riesgo de longevidad que no utilizan productos derivados financieros. Para profundizar en el tema véanse Antolin y Bloommestein (2007: 4-5) y Blake *et al.* (2006: 155-156).

<sup>3</sup> Dowd *et al.* (2006: 2), Oppers *et al.* (2012: 22) y Blake *et al.* (2013: 515).

<sup>4</sup> Antolin y Bloommestein (2007: 5-6), Blake *et al.* (2013: 518 y 524) y Oppers *et al.* (2012: 22).

Reino Unido, un mercado que negoció 8 000 millones de libras esterlinas promedio por año en el periodo 2008-2010, elevándose a 9 000 millones en el 2011. Adicionalmente, en los Países Bajos se llevó a cabo un *swap* de longevidad de 12 000 millones de euros en el 2012 entre Aegon y Deutsche Bank.<sup>5</sup>

Blake *et al.* (2013) mencionan que el primer *swap* de longevidad exitoso en los mercados de capitales se realizó en el Reino Unido, entre JP Morgan y Canada Life, mismo que difiere del *swap* propuesto en la presente investigación, en términos de la población cubierta. El *swap* realizado por JP Morgan involucra la mortalidad observada de 125 000 pensionados, mientras que en la propuesta desarrollada en este artículo el índice de longevidad proporcional se mide sobre pensionarios y trabajadores activos que todavía no entran en etapa de retiro.

Como es posible identificar en la literatura presentada, se tiene un mercado de longevidad cada vez más activo, principalmente por medio del uso de *swaps* de longevidad y bonos catastróficos de mortalidad, en mercados financieros en donde existe experiencia con la estructuración y comercialización de productos derivados financieros.

Desafortunadamente este tipo de transacciones no se han presentado de manera exitosa en mercados emergentes, en donde existe un elevado potencial de incremento de la longevidad, ya que es posible que con mejoras relativamente sencillas en atención médica se pudieran tener fuertes ganancias en la esperanza de vida. Por ejemplo, en el caso de México, las ganancias de esperanza de vida a los 65 años han crecido menos que en sus pares de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). En el periodo 1990-2009 la esperanza de vida a los 65 años de los hombres en México creció en medio año, mientras que Canadá mostró una mejora de 3.1 años; Francia, 2.9 años; Alemania, 3.2 años y los Estados Unidos, 2.7 años. Conforme mejores protocolos de atención a los adultos mayores se generalicen en países en vías de desarrollo, se podrían tener ganancias en esperanza de vida relativamente rápidas.<sup>6</sup>

Otra posibilidad de ganancias potenciales en la esperanza de vida la presenta el estudio de Litchenberg (2005), quien realiza un análisis econométrico

<sup>5</sup> La otra mitad de las transacciones de riesgos en el Reino Unido la representan los *buy-outs* y *buy-ins*. La razón por la que no se analizan este tipo de transacciones en el presente artículo es que en este tipo de transferencias se trasladan todos los riesgos asociados a las pensiones: longevidad, tasa de interés, etcétera.

<sup>6</sup> OCDE, 2015: 153 y 157. Para un estudio de la ganancia en años de vida característicos, véase Strulik y Vollmer (2013).

del efecto del lanzamiento de nuevos medicamentos en la longevidad de 52 países en el periodo 1982-2001. Litchenberg (2005) concluye que 40% del incremento de esperanza de vida en el periodo se debe al lanzamiento de nuevos medicamentos. Un ejemplo de este tipo de ganancias rápidas en esperanza de vida y la pérdida financiera asociada se vivió con el desarrollo de nuevos medicamentos en la lucha contra el virus de inmunodeficiencia humana (VIH).<sup>7</sup>

A pesar de esta necesidad manifiesta de manejar el riesgo de longevidad, es difícil que el mercado de derivados financieros relacionados con la longevidad se consolide por sí mismo en países en vía de desarrollo, en donde los mercados de derivados están en general poco desarrollados o son poco líquidos. Para que esto ocurra se requiere una intervención gubernamental, como lo sugieren Antolin y Bloommestein (2007), quienes proponen los dos papeles que pueden tomar los gobiernos en la promoción de mercados cobertura de longevidad. El primero es emitir bonos de longevidad; y el segundo, el desarrollo de índices de longevidad, que es uno de los componentes de la propuesta presentada en este artículo.

En las siguientes secciones se modificará la metodología de Dowd *et al.* (2006) con el desarrollo de un índice de longevidad proporcional y con la inclusión de una variable de monetización y, posteriormente, se desarrollará la propuesta de *swap* de longevidad para que el gobierno federal pueda cubrir el riesgo de longevidad relacionado con la reforma de la Ley del Seguro Social de 1997.

### III. ESTRUCTURACIÓN Y VALUACIÓN DEL SWAP DE LONGEVIDAD

Como se mencionó anteriormente, la formulación más factible, por su relativa sencillez, para la estructuración y valuación de un *swap* de longevidad encontrada en la literatura es la expuesta por Dowd *et al.* (2006). Sin embargo, esta propuesta está desarrollada para un fondo de pensiones con un número fijo de pensionados el cual se va reduciendo con la mortalidad y con un monto de pensión fijo. Estas dos características son un obstáculo para aplicar esta formulación a sistemas de pensiones como el que surgió de las reformas a la Ley del Seguro Social de 1997 en México. Por ello se realizan modificaciones al modelo de Dowd *et al.* (2006), al introducir un índice de longevidad proporcional, que permite aplicar la metodología cuando el

<sup>7</sup> Véase el estudio de caso en Oppers *et al.* (2012: 7).

grupo de pensionados crece por la presencia de trabajadores activos, y agrega una variable de monetización, que adapta la metodología a las condiciones específicas del plan de pensiones.

### 1. *Desarrollo del índice de longevidad proporcional*

La variable clave para establecer un *swap* de longevidad que sea atractivo para los participantes es el establecimiento del índice de longevidad sobre el cual se llevará a cabo el contrato, ya que el retorno esperado del instrumento, y por lo tanto el precio, están basados en él. En este sentido, Dowd *et al.* (2006) establecen un índice de supervivencia  $S(t)$  que equivale a los pensionados vivos al tiempo  $t$ , por medio del cual se miden las mejoras observadas en la esperanza de vida, al recoger el riesgo de longevidad. Para que esta medida refleje adecuadamente el riesgo de longevidad debe utilizarse en grupos cerrados de pensionados, es decir, que no tienen entradas de nuevos pensionados, y por lo tanto, el número de pensionados varía año con año solamente por la mortalidad observada.

Si bien esta medida simplifica los cálculos, no es adecuada para un grupo de pensionados con crecimiento, como es el caso de los pensionados a cargo del gobierno federal mexicano a raíz de la reforma de la Ley del Seguro Social en 1997 o en algún otro sistema de pensiones abierto, en el cual existen entradas constantes de nuevos pensionados al grupo, debido a que existen asegurados activos, que cumplen la edad, o cotizaciones necesarias para tener derecho a las pensiones en el tiempo. Por ello, en este caso se tienen dos factores que afectan el tamaño del grupo de pensionados: la mortalidad de los pensionados y las nuevas entradas.

Para superar este problema, en este documento se construye un tipo de índice de longevidad, el cual llamaremos *índice de longevidad proporcional*, en el cual se toman en cuenta la supervivencia proporcional de un grupo de pensionados agrupados por edad a su entrada al grupo.

Para ello se utiliza la variable  $\xi_i(t)$  que se define como el número de pensionados que ingresaron al sistema de pensiones en el año  $i \in [i, \bar{i}]$ , que está determinado por los años que se consideren para el contrato del *swap*, y que está vivo en el año  $t$ . Como se mencionó anteriormente, para evitar la distorsión generada por la contabilización de pensionados entrantes a cada generación se propone utilizar una medida de proporción de sobrevivencia una vez que entraron al grupo, la cual se define como:

$$l_i(t) = \frac{\xi_i(t)}{\xi_i(t-1)} \quad (1)$$

que representa la proporción de pensionados vivos que ingresaron al sistema en el año  $i$ , que estaban vivos al cierre del año  $t - 1$  y que están vivos en el año  $t$ .<sup>8</sup>

Finalmente, se agregan todas las generaciones en el índice de longevidad, ponderado por la estructura poblacional, el cual se describe por la siguiente ecuación:

$$L(t) = \sum_t \beta_{i,t} l_i(t) \quad (2)$$

donde  $\beta_{i,t}$  es un ponderador que representa la estructura de edades calculada con la composición de los grupos de edad basados en las proyecciones del Consejo Nacional de Población (Conapo) que cumple la siguiente formulación:

$$\beta_{i,t} = \frac{\xi_i(t)}{\sum_t \xi_i(t)} \quad (3)$$

y que tiene las siguientes características:

$$\beta_{i,t} \in [0,1] \quad \forall i,t, \quad \text{y} \quad \sum_t \beta_i = 1 \quad (4)$$

La principal crítica que pudiera surgir a este índice de longevidad es el uso de un ponderador fijo  $\beta_{i,t}$ , que pudiera, en caso de ganancias extremas de longevidad, ser una fuente de riesgo base. A este respecto, y para contrarrestar esta posibilidad, en el contrato del *swap* deben establecerse revisiones periódicas para este ponderador y los supuestos bajo los cuales puede ser modificado. En lo relacionado con el riesgo base, en el caso particular de México, una medida para minimizarlo es usar la experiencia de mortalidad del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en la construcción del índice, ya que esta institución tiene en registros administrativos el número de observaciones suficientes para construir un índice de longevidad proporcional robusto.

<sup>8</sup> Se considera un supuesto simplificador sin pérdida de generalidad en la modelación del índice de longevidad propuesto, que consiste en que en el fondo de pensiones a cubrir la edad de entrada se fije en 65 años. A la hora de la implementación esto se puede aplicar si se piensa en un subgrupo del total de la nómina de pensiones.

Un punto a considerar es que las medidas de longevidad tienen que ser calculadas por una institución independiente, con una capacidad técnica comprobada y reconocida por las partes del acuerdo. Para ello, en México destacan dos opciones, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) o la Bolsa Mexicana de Valores (BMV). Este tema es relevante, ya que este índice pudiera utilizarse como base para otro tipo de productos derivados financieros que tiene como subyacente la longevidad y pudiera ser la base para un mercado de derivados de longevidad más profundo y líquido. Es importante notar que la experiencia de mortalidad del IMSS es usada como referencia regular en la valuación de los productos relacionados a pensiones y vida en México, por lo que la adopción de un índice de longevidad de este tipo en el mercado pudiera ser mayor.

## 2. Estructura y valuación del swap de longevidad

Derivado de la formulación descrita en las ecuaciones (1) a (4) se establecen dos series de longevidad, la primera, un índice  $L(t)$  que representa el comportamiento proporcional de la longevidad *ex ante*, es decir, el índice de longevidad proporcional esperado al inicio del periodo del *swap*, y segundo, un índice de longevidad proporcional que refleja la experiencia de longevidad *ex post*  $M(t)$ , que es una variable aleatoria y es donde se incorpora el riesgo de longevidad, el cual se define al momento de iniciar el contrato del *swap* como:

$$M(t) = L(t) + \zeta(t) \quad (5)$$

donde  $\zeta(t)$  es una variable aleatoria independiente e idénticamente distribuida que replica un *shock* de longevidad.<sup>9</sup>

Dado que este tipo de contratos trabaja principalmente con flujos netos y los índices tienen un valor proporcional, una cuestión que se debe considerar es la monetización de la diferencia entre los índices. En el contrato del *swap* se debe integrar una pensión en pesos y un número de pensionados sobre los cuales se aplicaría el *swap*. Todo ello se resume en la *variable de*

<sup>9</sup> Dentro del *swap* de longevidad propuesto para manejar el riesgo de longevidad del gobierno federal mexicano, éste paga un flujo de efectivo por la mortalidad esperada  $L(t)$  y recibe un flujo de efectivo la mortalidad observada  $M(t)$ , ajustado por una  $\pi$ , que iguala los flujos del swap *ex ante*, al usar la condición de no arbitraje y cuyo cálculo se definirá más adelante.

monetización,  $\psi(t)$ , que se define como la multiplicación de la pensión vigente, en pesos nominales, al inicio del año  $t$  por el número de pensionados vivos al inicio del año  $t$ . La pensión se modificará de acuerdo con las reglas establecidas por la Ley del Seguro Social en términos de actualización de las pensiones, pagos de aguinaldo, grupos familiares y otras particularidades del sistema de pensiones, mientras que el número de pensionados se modifica por dos vías: la sobrevivencia del *stock* de pensionados y la entrada de pensionados nuevos. Un supuesto adicional que se hace sobre la *variable de monetización*  $\psi(t)$  es que se conoce su distribución *ex ante*.

Una vez definidos el *índice de longevidad proporcional* y la *variable de monetización*, se puede continuar con la estructuración y valuación del *swap* de longevidad, si se sigue la formulación de Dowd *et al.* (2006).

El valor de la parte fija del *swap* de longevidad estaría determinado por el valor presente de los flujos pagados por el organismo público de pensiones obligado a pagar la longevidad esperada (*ex ante*) y se representa con:

$$V[L(t)\psi(t)(1+\pi)] \quad (6)$$

El primer término de la ecuación (6) es el índice de longevidad esperado al momento de la firma del *swap*; el segundo término es la variable de monetización que transforma el diferencial entre los índices de longevidad en dinero; y el término  $\pi$ , representa el premio a pagar que se establece con el fin de evitar el arbitraje.

Por otro lado, el valor de la parte aleatoria del *swap*, el cual es cobrado por el organismo de pensiones, se define por el valor presente del índice de longevidad *ex post*, transformado en pesos por su multiplicación con el segundo término, la variable de monetización, tal como se presenta a continuación:

$$V[M(t)\psi(t)] \quad (7)$$

Con ello, es posible determinar el valor del *swap* de longevidad como la diferencia de las dos partes, es decir, el valor del *swap* es el valor presente neto del diferencial de los dos flujos, los pagos esperados *ex ante* (fijos) y los cobros esperados que se definen *ex post* (variables), como se ve en la siguiente formulación:

$$V[M(t)\psi(t)] - V[L(t)\psi(t)(1+\pi)] \quad (8)$$

Es aquí donde se define el valor de la prima,  $\pi$ , con la condición de no arbitraje que iguala el valor de *swap* a cero. Realizando manipulaciones matemáticas simples obtenemos:

$$\pi = \frac{V[M(t)\psi(t)]}{V[L(t)\psi(t)]} - 1 \quad (9)$$

que es similar a la ecuación (8) de Dowd *et al.* (2006), siendo la principal diferencia que los índices de longevidad están expresados de manera proporcional, lo que permite medir la longevidad con poblaciones pensionarias crecientes y la utilización de una variable  $\psi(t)$  que monetiza las diferencias en el índice de longevidad proporcional y sirve para reflejar las condiciones particulares del monto pensionario del contrato que se modele. Estas características hacen que el modelo de estructuración presentado sea más general y aplicable a diversos fondos de pensiones, más allá del ejemplo propuesto más adelante en este artículo.

Una cuestión a considerar es que debido a que la distribución de las ganancias de longevidad es desconocida en el momento de la firma del *swap*, para poder calcular el valor de  $\pi$  se utiliza la transformación propuesta por Wang (2000 y 2002) en la parte aleatoria de la ecuación (9), en la que se asigna un precio de mercado al riesgo. Un tema relevante es que el tamaño del *shock* de longevidad asumido es muy importante para el precio final del *swap*.<sup>10</sup>

### 3. Otros instrumentos derivados financieros asociados al *swap* de longevidad

Es importante notar que la literatura de los instrumentos derivados financieros que tiene a la longevidad como subyacente se nutre de la literatura y práctica observada en otros mercados de derivados financieros más maduros, como lo son los derivados de tasas de interés o de *equity*. Es por ello que han surgido algunos productos que emanan directamente de la existencia de un mercado de *swaps* de longevidad, y que pudieran ser útiles para el mane-

<sup>10</sup> Para una consulta detallada de la utilización del operador de Wang en la valuación de un *swap* de longevidad, véanse Dowd *et al.* (2006: 7-10) y Wang (2000 y 2001). Cox y Lin (2004) estiman el valor del precio de mercado del riesgo en 0.2134 para los hombres y 0.28 para mujeres, de acuerdo con el mercado de rentas vitalicias en los Estados Unidos y las tablas de mortalidad 1996IAM 2000.

jo del riesgo de longevidad. No obstante, éstos tienen como prerequisite un mercado de capitales desarrollado, con índices de longevidad aceptados por los participantes del mercado. Ante tal escenario, la aplicación de este tipo de productos, como lo son los *swaptions*, *caplets* y *floorlets*, se pudiera dar en una segunda etapa, es decir, una vez establecido un mercado financiero de longevidad, el cual iniciaría con la construcción de un índice de longevidad. En este sentido, Dawson *et al.* (2010) desarrollan una propuesta de estructuración y valuación de *swaptions*, instrumentos derivados financieros que funcionan de la siguiente manera: la parte compradora del contrato del *swaption* tiene la opción, pero no la obligación, de entrar en un *swap* de longevidad si se cumplen ciertas condiciones. De acuerdo con el modelo de Dawson *et al.* (2010), el ejercicio de dicho derivado tiene dos posibles formas de ejecutarse: por entrega, en la cual las dos partes del contrato entran al *swap* de longevidad pactado previamente (con posiciones contrarias sobre la longevidad), o por pago en efectivo, en la cual la parte vendedora del contrato le paga a la parte compradora el máximo entre cero y la diferencia entre el valor de mercado de la prima del *swap*,  $\pi$ , y el precio de ejecución pactado. La aplicación de este tipo de contratos permitiría una cobertura del riesgo de longevidad similar a la cobertura del *swap* de longevidad, pero permite introducir una contingencia sobre algún parámetro preestablecido, por ejemplo, de mortalidad o crecimiento económico, misma que se debe considerar en el precio del contrato del *swaption*.

Otro tipo de instrumentos relacionados con el *swap* de longevidad son los *caplets* y *floorlets*. Los *caplets* de longevidad son opciones tipo *call* sobre el índice de longevidad, mientras que los *floorlets* de longevidad son opciones tipo *put* sobre el mismo índice. En la interpretación de Dawson *et al.* (2010), cada distinto flujo del *swap* puede ser sujeto a opciones del tipo descrito, lo que significa que este tipo de instrumentos son más flexibles que los *swaps* de longevidad o los *swaptions*, sin embargo, esta flexibilidad adicional tiene como desventaja una mayor prima. Este tipo de instrumentos son más indicados para un mercado más especulativo sobre el riesgo de longevidad y pudieran ser utilizados por las dos contrapartes del *swap*, el gobierno y las instituciones financieras, como una forma de trasladar a un mercado más líquido los riesgos asociados al entrar a un contrato de un *swap* de longevidad de largo plazo.<sup>11</sup>

11 Para una discusión técnica sobre la estructuración y valuación de productos derivados financieros que emergen de la construcción de los *swaps* de longevidad, véase Dawson *et al.* (2010).

#### IV. PROPUESTA PARA MÉXICO

En el pasado, el gobierno federal mexicano ha transferido el riesgo de longevidad y otros riesgos relacionados con los sistemas de pensiones por medio de las reformas a los dos grandes sistemas, el IMSS en 1997 y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) en 2007. Al incorporar a los asegurados y futuros pensionados en el esquema dual de ahorro para el retiro en cuentas individuales, durante la etapa de acumulación, y los retiros programados o la compra de rentas vitalicias, en la etapa de desacumulación, el riesgo de longevidad se transfirió del gobierno federal hacia los trabajadores y hacia las compañías privadas que otorgan las rentas vitalicias.

Sin embargo, en la reforma que dio como resultado la Ley del Seguro Social de 1997 se incluyeron dos artículos transitorios: el XI y el XII, que establecen que los asegurados inscritos en el IMSS antes de la reforma podrán elegir el régimen bajo el cual se pensionan, el de 1973 (reparto) o el 1997 (rentas vitalicias), y que el gobierno federal se hará cargo de las erogaciones relacionadas con el régimen de reparto. De acuerdo con los cálculos presentados en Alonso *et al.* (2014), esto representa un pasivo equivalente a 27.4% del producto interno bruto (PIB) nominal de 2012 y alcanza su nivel máximo de compromiso de recursos fiscales alrededor del año 2045, cuando el gobierno federal estará pagando un nivel superior a 1% del PIB en la nómina de pensiones.<sup>12</sup>

Para ejemplificar la aplicación de esta metodología se propone al gobierno federal de México el manejo del riesgo de longevidad relacionado con los pasivos pensionarios mencionados por tres razones:

- i) en primer lugar, existe suficiente evidencia histórica en los registros administrativos del IMSS sobre la mortalidad de este grupo de pensionados para elaborar tablas de mortalidad que reduzcan el riesgo base;
- ii) en segundo lugar, el esquema pensionado que se menciona está esencialmente financiado con recursos fiscales, por lo que un incremento no esperado en la esperanza de vida impacta de manera directa al presupuesto federal;

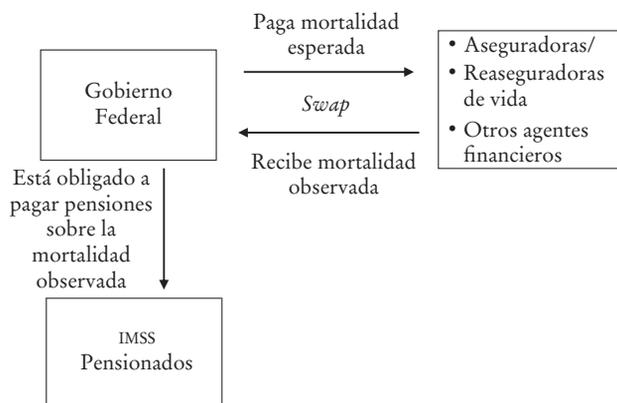
<sup>12</sup> En la reforma de la Ley del ISSSTE también hay algunas características que provocan un costo fiscal para el gobierno federal. A pesar de que la propuesta de este documento se concentra en los pasivos pensionarios derivados de la reforma de la Ley del Seguro Social, la metodología sugerida se puede adaptar de manera sencilla a los pasivos pensionarios del ISSSTE.

iii) y por último, el gobierno federal mexicano tiene amplia experiencia en el uso de productos financieros innovadores para cubrir riesgos, como lo han evidenciado las operaciones de coberturas de riesgos catastróficos y de ingresos petroleros, es decir, el gobierno mexicano tiene un bono importante de credibilidad en lo que se refiere a este tipo de productos, lo que pudiera ayudar a romper la resistencia que se ha observado en otros mercados de capitales.

La alternativa específica que se propone en este documento es la utilización de un *swap* de longevidad de largo plazo (50 años), en el cual el gobierno federal, con una posición natural *corta* en longevidad, entra en un acuerdo con un consorcio de aseguradoras y reaseguradoras de vida, nacionales e internacionales, que tienen una posición natural *larga* en longevidad, para intercambiar flujos de efectivo de acuerdo con el comportamiento de un índice de longevidad proporcional construido por un agente independiente, que pudiera ser el INEGI o la BMV, utilizando la experiencia de mortalidad experimentada por el IMSS.<sup>13</sup>

Para una mejor visualización de la propuesta, se presenta el diagrama 1, en la cual se ejemplifica la situación actual de las obligaciones del gobierno federal y cómo los movimientos de flujos del *swap* de longevidad propuesto le ayudan a disminuir ese riesgo.

DIAGRAMA 1. *Swap de longevidad*



<sup>13</sup> Debido al plazo del contrato propuesto, la elección de la contraparte es muy importante. Para matizar el riesgo de contraparte se sugiere la conformación de un consorcio de aseguradoras y reaseguradoras de vida, nacionales y extranjeras. Se podría aceptar otro tipo de inversionistas dentro del consorcio, pero se sugiere hacer un estudio de garantías o castigar la prima pagada de acuerdo con el riesgo.

Como se mostró previamente, el gobierno federal tiene una obligación legal de pago de las pensiones derivadas de la Ley 73, flujo que es inevitable y que crece conforme al comportamiento de una variable incierta, que es la disminución de la mortalidad observada en la población pensionaria. El riesgo de longevidad para el gobierno federal proviene de las mejoras no esperadas en la esperanza de vida, ya que si la población vive un tiempo mayor, sus obligaciones se elevan.

En contraparte se tiene a un consorcio de aseguradoras y reaseguradoras de vida, las cuales tienen una exposición opuesta al riesgo de longevidad, es decir, si la población vive más de lo esperado, sus obligaciones financieras se reducen. El *swap* de longevidad aprovecha esta exposición opuesta para contrarrestar los riesgos de ambos agentes.

En el *swap* de longevidad propuesto, el gobierno federal recibiría un flujo de efectivo en el caso de que la mortalidad observada fuera mayor a la mortalidad esperada para cada periodo, en caso contrario, si la mortalidad observada fuera menor a la mortalidad esperada el gobierno haría un pago a su contraparte, lo que ayudaría a las aseguradoras y reaseguradoras de vida a enfrentar sus pasivos contingentes.

## V. SIMULACIÓN

En esta sección se llevará a cabo la simulación del proceso completo de la construcción del *swap* de longevidad propuesto para el gobierno federal mexicano y las compañías aseguradoras y reaseguradoras de vida. Para este ejercicio se considera un *swap* de 50 años, que inicia en 2017 y termina en 2066.

Este proceso va desde la construcción del índice de longevidad base  $L(t)$  y la simulación de la longevidad aleatoria  $M(t)$  por medio de una distribución asumida del *shock* de longevidad, hasta la estructuración y valuación del *swap* de longevidad, y finalmente la simulación de los flujos.<sup>14</sup>

Se comienza con el índice de longevidad proporcional base  $L(t)$ , que indica la longevidad esperada *ex ante* (parte fija del *swap*). Por simplicidad y sin pérdida de generalidad, en la simulación solamente se modela el fenómeno de mortalidad en el género masculino, para lo cual se utilizan las tablas de mortalidad EMSSAH-97 publicadas por la Comisión Nacional de

<sup>14</sup> Los cálculos se realizaron en Excel y en Crystal Ball© de Oracle.

Seguros y Fianzas (CNSF), con las que se puede construir directamente la variable  $L_i(t)$ .<sup>15</sup>

Para determinar la proporción fija de la población  $\beta_{i,t}$  se utilizan las proyecciones oficiales de población por edad del Conapo, las cuales llegan hasta el año 2051. Los años del periodo 2052-2066 se cubren con estimaciones propias. Los resultados se muestran en el cuadro 1.

CUADRO 1. *Estimaciones del índice proporcional de longevidad*

$(t)$	$L(t)$	$(t)$	$L(t)$	$(t)$	$L(t)$
2017	0.98287	2034	0.94808	2051	0.79436
2018	0.98199	2035	0.94376	2052	0.77832
2019	0.98104	2036	0.93904	2053	0.76147
2020	0.97999	2037	0.93389	2054	0.74382
2021	0.97884	2038	0.92831	2055	0.72540
2022	0.97758	2039	0.92226	2056	0.70624
2023	0.97620	2040	0.91573	2057	0.68636
2024	0.97468	2041	0.90869	2058	0.66581
2025	0.97302	2042	0.90111	2059	0.64464
2026	0.97119	2043	0.89297	2060	0.62289
2027	0.96918	2044	0.88422	2061	0.60065
2028	0.96697	2045	0.87371	2062	0.55212
2029	0.96453	2046	0.86245	2063	0.50568
2030	0.96183	2047	0.85043	2064	0.46137
2031	0.95887	2048	0.83762	2065	0.41922
2032	0.95561	2049	0.82401	2066	0.37923
2033	0.95202	2050	0.80959		

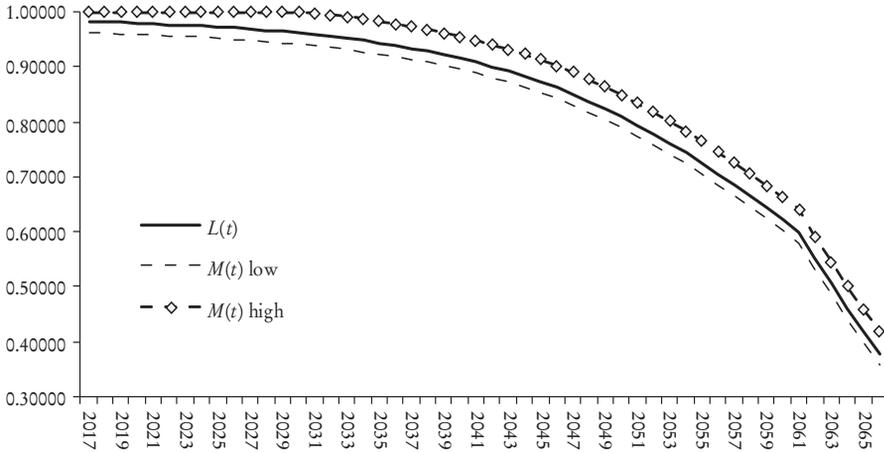
FUENTE: cálculos propios con base en la ENSSAH-97 y en estimaciones de población de la Conapo.

Con el fin de determinar  $\zeta(t)$  se llevaron a cabo 200 000 iteraciones Monte Carlo en Crystal Ball© de Oracle. Los resultados de los índices de longevidad se presentan en la gráfica 1, en donde se observa el comportamiento esperado de la longevidad  $L(t)$ , así como los intervalos superior e inferior con una confianza de 90% del índice de longevidad con el *shock*.

En la simulación de *shock* de longevidad aleatorio, con el que se construye el índice de longevidad proporcional  $M(t)$ , se tomó una aproximación similar a la simulación del error de medición utilizada por Cheng y Wang (2001: 710) para ejemplificar su modelo de estimación de supervivencia. Esto en el

<sup>15</sup> (CNSF, 2015). La utilización de estas tablas es sólo ilustrativa. Como se mencionó anteriormente, con el fin de disminuir el riesgo base se requiere utilizar la experiencia de mortalidad de la población observada por el IMSS en la nómina de pensiones de la Ley del Seguro Social de 1973. Si se parte de los datos crudos de mortalidad, la formulación presentada en este artículo sería suficiente para construir el índice de longevidad proporcional, partiendo de la variable  $\xi_i(t)$ .

GRÁFICA 1. Índice proporcional de longevidad



sentido de que el *shock* de longevidad (error de medición) es aditivo sobre el modelo de supervivencia utilizado (CNSF, 2015) y se comporta como una distribución normal desplazada hacia la derecha —lo que podría ser el resultado de una combinación de dos distribuciones normales—. Sin embargo, para desarrollar la simulación presentada en este artículo se adiciona el resultado de la distribución simulada directamente sobre el modelo de supervivencia base (CNSF, 2015), tal como se establece en la ecuación (5). Es importante notar que la distribución utilizada en esta simulación está construida *ad hoc* con el fin de mantener el ejemplo simple, sin embargo, al momento de estructurar el *swap* no se conoce la distribución de las mejoras en longevidad y los supuestos que se realicen sobre la misma tienen un impacto importante en el costo del *swap*, por lo que se requiere que los parámetros de la distribución de las ganancias en longevidad se deriven de los datos base de mortalidad que existen en los registros administrativos del IMSS.<sup>16</sup>

Siguiendo con la simulación, con el supuesto de una distribución conocida de las mejoras de longevidad podemos establecer los flujos provenientes del contrato. Para ello se requiere definir la variable  $\psi(t)$ , que es lo que permite la monetización del índice de longevidad proporcional. Para efectos de la simulación se establece el número de pensionados iniciales en 300 000 y una tasa de crecimiento de 6% anual de nuevos pensionados, cal-

<sup>16</sup> Para un estudio de la metodología de estimación de supervivencia en la presencia de errores de medición en las variables independientes véanse el trabajo seminal de Wang *et al.* (2000) y el trabajo específico sobre estimaciones de supervivencia bajo estas circunstancias de Cheng y Wang (2001).

culada respecto a los pensionados vivos al final de cada año  $t$ . Respecto a la pensión, se estableció un valor inicial de 10 000 pesos, con una tasa de crecimiento anual de 4%, que equivaldría al crecimiento esperado de las unidades de salario mínimo.<sup>17</sup>

La variable  $\psi(t)$  se presenta en la gráfica 2, en donde es posible observar el comportamiento en el tiempo de la variable de monetización de las obligaciones del esquema pensionario simulado, en el cual existe, tal como ocurre con el esquema de pensiones de la Ley del Seguro Social de 1973, un compromiso financiero creciente, tanto en número de pensionados, como en el monto individual de la pensión, con el fin de alcanzar el máximo nivel alrededor del año 2040. Esto ocurre porque las entradas de nuevos pensionados al esquema son crecientes, logran su máximo nivel en el año 2034, en donde si bien siguen entrando pensionados al cumplir la edad y requisitos, estas entradas comienzan a ser decrecientes. Dado que el monto de la pensión continúa siendo creciente, la variable de monetización  $\psi(t)$  continúa elevándose por unos años más, hasta conseguir su máximo alrededor del año 2040.

En el modelo utilizado se cierra la entrada a nuevos pensionados en el año 2044 y, a pesar de que el monto de pensión individual sigue creciendo, al cerrarse el grupo, la mortalidad asociada va disminuyendo la obligación financiera total del fondo de pensiones simulado.

Es importante notar que cuando se considera el monto completo de las obligaciones base del gobierno federal usadas en la simulación, es decir  $L(t)\psi(t)$ , existe una coincidencia del modelo simulado en este artículo con los resultados presentados por Alonso *et al.* (2014), en lo que se refiere a que el nivel máximo de compromiso de recursos fiscales para pensiones ocurre alrededor del año 2045.<sup>18</sup>

Para calcular el costo de la protección para el gobierno federal se utilizan las ecuaciones (8) y (9) y una tasa libre de riesgo de 3.5% para descontar los flujos de efectivo generados por la simulación. El resultado es que el gobierno federal debería pagar una prima ( $\pi$ ) equivalente a 1.1198% del flujo descontado total diferencial sobre los 50 años que estaría vigente el acuerdo.

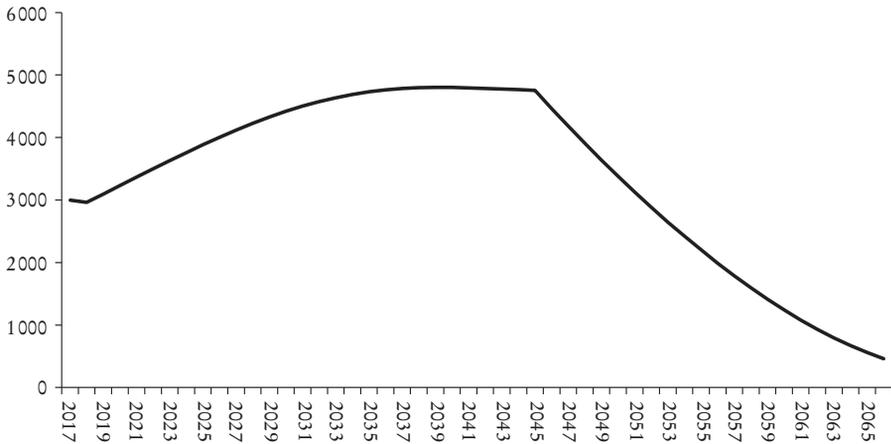
El tamaño de la prima está relacionado con los supuestos que se hicieron en la distribución de las ganancias en longevidad, dentro de los cuales existe

<sup>17</sup> IMSS (1993: 215). El artículo 172 de la Ley 73 establece la actualización de la cuantía de las pensiones con referencia al salario mínimo de la Ciudad de México.

<sup>18</sup> Alonso *et al.* (2014: 25-26).

GRÁFICA 2. Valor de  $\psi(t)$ 

(Millones de pesos de 2017)



un sesgo hacia la derecha en el valor esperado de la distribución. Como se comentó previamente, se asumió una distribución *ad hoc* con propósito de ilustrar el funcionamiento del *swap*. En el momento de llevar a cabo las estimaciones para el contrato de *swap* se tendrían que calcular los parámetros de la función de distribución con los datos de mortalidad del IMSS.<sup>19</sup>

Es importante notar que en este tipo de contratos no existe un pago por adelantado, por lo que esta erogación es equivalente a un recargo en el índice de mortalidad. Ya que se espera un sesgo a la alza, el gobierno federal compensa en el flujo esta prima, la que equivale en valor presente neto a 1.1198%.

Existen al menos dos puntos que se pudieran discutir sobre este tema. El primero es que, como se comentó previamente, ésta es la alternativa más eficiente y, por lo tanto, la menos costosa para cubrir este tipo de riesgos, ya que se toma ventaja de una posición diferenciada contra el riesgo de longevidad de dos contrapartes. El segundo, es que el nivel de protección contra el riesgo de longevidad logrado con la simulación es notable. Para ilustrar este último punto se presenta el cuadro 2, en el cual se muestran los resultados para el año 2045, que de acuerdo con la simulación realizada y los resultados presentados por Alonso *et al.* (2014) es el año en el cual la obligación fiscal del gobierno federal será mayor.

<sup>19</sup> Para una discusión sobre el impacto de los supuestos en la función de distribución de los *shocks* de longevidad en el precio del *swap*, véase Dowd *et al.* (2006: 9).

CUADRO 2. Cobertura de flujos derivados del riesgo de longevidad en el año 2045

(Millones de pesos de 2017)

	Escenarios	
	Baja longevidad	Alta longevidad
$M(t)$	0.85371	0.91371
$L(t)$	0.87371	0.87371
Obligaciones del Gobierno Federal (sin <i>swap</i> )	95.1	-190.2
Flujo del Gobierno Federal (con <i>swap</i> )	-141.6	143.7
Porcentaje de cobertura	67.2	75.5
Flujo neto	-46.5	-46.5

FUENTE: cálculos de simulación con las variables especificadas.

En este año en particular, el resultado más extremo en ganancias de longevidad simuladas ocurre cuando el índice de longevidad proporcional alcanza 0.91371. En caso de que el gobierno federal no tuviera contratado un *swap* de longevidad, éste tendría un gasto adicional de 190.2 millones de pesos de 2017 con respecto al escenario base. Este gasto adicional tendría que provenir directamente de recursos fiscales, ya que, como se explicó previamente, estas obligaciones pensionarias no están fondeadas y mucho menos protegidas contra el riesgo de longevidad. En caso de que el gobierno federal hubiese contratado un *swap* de longevidad como el propuesto, y se diera el escenario de alta longevidad, el gobierno federal recibiría un pago del consorcio de aseguradoras y reaseguradoras de vida de 143 millones de pesos de 2017, con lo que se cubre 75.5% de las obligaciones adicionales comparables al escenario sin cobertura. Por otro lado, si la longevidad proporcional se reduce al mínimo nivel simulado, 0.85371, y se hubiese contratado el *swap* de longevidad, el gobierno federal tendría un compromiso de flujo hacia las aseguradoras y reaseguradoras de vida de 142 millones de pesos del 2017, el cual sería financiado en 67.1% por los ahorros en pensiones del gobierno federal, producto de la mayor mortalidad entre la población pensionaria. Una cuestión importante que se debe observar es que los pagos están sesgados hacia el sector asegurador y reasegurador de vida porque el riesgo de longevidad está sesgado hacia arriba, por lo que las aseguradoras y reaseguradoras de vida estarían tomando un riesgo mayor al entrar al *swap* y son compensadas por ello por medio de la prima ( $\pi$ ).

Es importante notar que el valor esperado *ex ante* de la cobertura es cero, tanto para el gobierno federal como para la contraparte, por definición la prima se establece para que el valor del *swap* sea *ex ante* cero, como se puede observar en la ecuación (9). No obstante, el costo real para el gobierno federal será determinado *ex post*, conforme se vaya reportando la mortalidad de la población pensionaria y se calculen los flujos. Por ejemplo, si se consideran los cálculos de la simulación del cuadro 2, se tiene que el costo para el gobierno federal, sin importar el escenario de longevidad que ocurra, es de 46.5 millones de pesos de 2017 durante ese año. Si se hace un análisis similar, si se consideran los 50 años de vida del *swap*, y se toma en cuenta el valor esperado de la distribución simulada y su comparación contra el escenario sin protección, el costo *ex post* del *swap* para el gobierno federal sería de 1 622 millones de pesos de 2017.

De este ejercicio de simulación podemos concluir que la contratación de un *swap* de longevidad provee una cobertura del riesgo de longevidad notable, ya que cuando se considera un escenario de longevidad desfavorable, los flujos del *swap* cubren un porcentaje relativamente alto de los compromisos adicionales. Sin embargo, por esta cobertura se tiene que pagar un costo, el cual tiene un recargo en contra del gobierno federal por construcción.

La distribución de ganancias de longevidad está sesgada a la derecha y refleja el comportamiento observado en la literatura de longevidad. Una cuestión que se debe considerar es el costo real de cobertura (*ex post*) para el gobierno federal, el cual se determina por la diferencia entre la distribución de longevidad propuesta en el contrato para la mejora del riesgo de longevidad y la longevidad realizada, la cual se puede estimar o simular, pero sobre la que no existe certidumbre.

## CONCLUSIONES

El riesgo de longevidad implica un daño financiero potencial para los sistemas de pensiones y retiro que tengan a su cargo obligaciones vitalicias, ya sean gubernamentales o privados. En la búsqueda de alternativas para transferir ese riesgo de longevidad hacia el sector privado por medio del mercado de capitales, se concluyó que el *swap* de longevidad es la mejor alternativa existente para este tipo de riesgos, retomando una idea de Cox y Lin (2004), acerca de utilizar el *hegde* natural existente entre los sistemas de

pensiones y las empresas aseguradoras y reaseguradoras de vida con el fin de realizar un *swap* de longevidad más eficiente.

A partir de esta idea, se modificó la metodología de estructuración y valuación de un *swap* de longevidad de Dowd *et al.* (2006) en dos sentidos. Primero, se introdujo un *índice de longevidad proporcional*, que permite medir la longevidad en poblaciones pensionarias crecientes y, segundo, se adicionó una *variable de monetización* que se aplica sobre los diferenciales de los índices de longevidad (fijo y variable). Estas dos modificaciones permiten ajustar el modelo de estructuración del *swap* a las condiciones contractuales de diferentes sistemas de pensiones, como es el caso de las obligaciones pensionarias a cargo del gobierno federal mexicano, derivadas de la reforma de la Ley del Seguro Social de 1997.

Adicionalmente, se presenta una propuesta para llevar a cabo esta primera transacción en mercados emergentes, que genere un nuevo mercado financiero en México, y que permite al gobierno federal mexicano un traslado eficiente del riesgo de longevidad hacia un consorcio de aseguradoras y reaseguradoras de vida. Para ejemplificar esta propuesta se simula la estructura y valuación del contrato y se concluye que el *swap* de longevidad le da una cobertura notable a los flujos contingentes del gobierno federal. El costo *ex ante* es cero, sin embargo, el verdadero costo se definirá *ex post*, es decir, una vez observada la mortalidad, lo que se ejemplifica en la simulación con el sesgo en la longevidad hacia arriba, que refleja la evidencia conocida en el comportamiento de la longevidad.

Existen dos aspectos que deben considerarse en investigaciones futuras. El primero, relacionado con un mercado secundario de longevidad que puede surgir de la contratación de un *swap* de longevidad como el propuesto; y el segundo con las aplicaciones potenciales de este tipo de productos en otras instituciones financieras relacionadas al retiro. Respecto al primer punto, otros instrumentos derivados financieros de longevidad relacionados al *swap*, como *swaptions*, *caplets* y *floorlets* pudieran ayudar a diluir el riesgo para las dos contrapartes del *swap* de longevidad, por medio de su transmisión al mercado financiero, y con ello impulsar un mercado secundario de dispersión de riesgo. En cuanto al segundo punto, si bien las aseguradoras de pensiones que proveen rentas vitalicias bajo la Ley del Seguro Social vigente en México tienen en su precio algunos elementos para cubrir el riesgo de longevidad, éstas pudieran tener el potencial de ser más competitivas en las subastas de rentas vitalicias organizadas por el IMSS si

utilizan este tipo de productos para cubrir su riesgo de longevidad. Otro caso interesante son las Afores, que de acuerdo con la misma ley, pueden ofrecer un tipo de retiro llamado *retiros programados*, en el cual el riesgo de longevidad lo absorbe el trabajador retirado, ya que puede quedarse sin ingreso de extender su vida más allá de lo esperado. Por medio de los esquemas mencionados en este artículo, las Afores pudieran hacer vitalicios los *retiros programados*.

El potencial de utilización de los productos derivados financieros de longevidad en México es alto. Las condiciones institucionales y de mercado existentes son suficientes para que dichas transacciones se lleven a cabo, y representan también las condiciones necesarias para iniciar un nuevo mercado financiero en el que se incorporen las instituciones de pensiones, seguros y ahorro para el retiro. En conjunto, este tipo de desarrollos con productos derivados pudieran contribuir a tener sistemas de pensiones y seguros más eficientes alrededor del mundo, considerando las tendencias esperadas en longevidad en los años por venir.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J., C. Hoyo y J. Tuesta (2014), “Un modelo para el sistema de pensiones en México: diagnóstico y recomendaciones”, documento de trabajo de BBVA Research, núm. 14/07, BBVA Research.
- Antolin, P., y H. Bloommestein (2007), “Governments and the Markets for Longevity-Indexed Bonds”, documento de trabajo sobre Seguros y Pensiones Privadas de la OCDE, núm. 4, OCDE, París.
- Blake, D., A. Cairns y K. Dowd (2006), “Living with Mortality: Longevity Bonds and Other Mortality-Linked Securities”, *British Actuarial Journal*, vol. 12, núm. 1, pp. 153-228.
- , A. Cairns, G. Coughlan, K. Dowd y R. MacMinn (2013), “The New Life Market”, *The Journal of Risk and Insurance*, vol. 80, núm. 3, pp. 501-557.
- Cheng, S., y N. Wang (2001), “Linear Transformation Models for Failure Time Data with Covariate Measurement Error”, *Journal of the American Statistical Association*, vol. 96, núm. 454, pp. 706-716.
- CNSF (2015), “Anexo 14.2.1-h. Nota técnica beneficios básicos de las rentas vitalicias para los beneficiarios de los seguros de retiro, cesantía en edad avanzada y vejez con pensión garantizada”, publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 3 de abril de 2015.
- Cox, S., e Y. Lin (2004), “Natural Hedging of Life and Annuity Mortality Risks”, Department of Risk Management & Insurance, Georgia State University, pp. 1-25, mimeografiado.

- Dawson, P., K. Dowd, J. Cairns y D. Blake (2010), "Survivor Derivatives: A Consistent Pricing Framework", *The Journal of Risk and Insurance*, vol. 77, núm. 3, pp. 579-596.
- Dowd, K., D. Blake, J. Cairns y P. Dawson (2006), "Survivor Swaps", *The Journal of Risk and Insurance*, vol. 73, núm. 1, pp. 1-17.
- IMSS (1993), *Ley del Seguro Social*, Subdirección General Jurídica y Coordinación General de Comunicación Social del IMSS, IMSS, Ciudad de México.
- (2008), *Ley del Seguro Social*, 17ª ed., Ediciones Fiscales ISEF, Ciudad de México.
- Litchenberg, F. (2005), "The Impact of New Drug Launches on Longevity: Evidence from Longitudinal, Disease Level Data from 52 Countries, 1982-2001", *International Journal of Health Care Finance and Economics*, vol. 5, núm. 1, pp. 47-73.
- OCDE (2015), *OCDE Reviews of Pension Systems Mexico*, OCDE, París.
- Oppers, E., K. Chikada, F. Eich, P. Imam, J. Kiff, M. Kisser, M. Soto y T. Sun (2012), "The Financial Impact of Longevity Risk", en *IMF, Global Financial Stability Report: The Quest for Lasting Stability*, International Monetary Fund, Publication Services, Washington D. C.
- Strulik, H., y S. Vollmer (2013), "Long-run Trends of Human aging and Longevity", *Journal of Population Economics*, vol. 26, núm. 4, pp. 1303-1323.
- Wang, C., N. Wang y S. Wang (2000), "Regression Analysis When Covariates Are Regression Parameters of a Random Effects Model for Observed Longitudinal Measurements", *Biometrics*, vol. 56, núm. 2, pp. 487-495.
- Wang, S. (2000), "A Class of Distortion Operators for Pricing Financial and Insurance Risks", *The Journal of Risk and Insurance*, vol. 67, núm. 1, pp. 15-36.
- Wang, S. (2002), "A Universal Framework for Pricing Financial and Insurance Risks", *ASTIN Bulletin*, vol. 32, núm. 2, pp. 213-234.