



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS  
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN

# **Naturaleza del Riesgo de Longevidad:**

Un problema estructural de las rentas vitalicias

**Seminario para optar al título de  
Ingeniero Comercial, Mención Economía**

**Alumno: José Cáceres Valdovinos  
Profesor Guía: Guillermo Larrain**

Santiago, Chile  
2016

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Longevidad Humana</b>	<b>5</b>
<b>3. Riesgo de Longevidad</b>	<b>12</b>
3.1. Riesgo de Modelo . . . . .	13
3.2. Riesgo Idiosincrático . . . . .	14
3.3. Riesgo de Tendencia . . . . .	14
3.4. Tablas de Mortalidad . . . . .	15
<b>4. Modelos de Predicción de Mortalidad</b>	<b>17</b>
4.1. Modelo Lee-Carter . . . . .	18
4.2. Modelo CBD . . . . .	20
<b>5. Estimaciones del Riesgo de Longevidad</b>	<b>25</b>
5.1. Aplicación del Modelo Lee-Carter . . . . .	25
5.2. Aplicación del Modelo CBD . . . . .	30
5.3. Aplicación del Modelo Lee-Carter y CBD (Comparación) . . . . .	33
<b>6. Propuestas de Soluciones al Problema Riesgo de Longevidad</b>	<b>35</b>
6.1. Bonos de Longevidad . . . . .	36
6.2. Modelo de la Cuarta Edad . . . . .	39
<b>7. Conclusiones</b>	<b>43</b>

# Naturaleza del Riesgo de Longevidad:

Un problema estructural de las rentas vitalicias

## Resumen

Este seminario de título explora la naturaleza de la longevidad humana y su comportamiento estocástico, así como su incidencia en el cálculo de las pensiones de vejez. De acuerdo a esto, el estudio discute dos de las principales posturas sobre el límite de la supervivencia humana; desarrolla los distintos tipos de riesgo presentes en este problema financiero en el contexto de Rentas Vitalicias, y examina el tema de las tablas de mortalidad como principal instrumento regulador de reservas técnicas para las compañías de seguro. Posteriormente profundiza en modelos de predicción de mortalidad estocástica, presentando el Modelo Lee-Carter, y el Modelo de Cairns, Blake, Down (CBD). Además, se muestran aplicaciones empíricas, de los modelos antes definidos matemáticamente, desarrollando los casos de Italia a través del modelo Lee-Carter; Inglaterra y Gales, utilizando el modelo CBD; y finalmente el caso de Chile, donde la OECD realiza una comparación de las tablas de mortalidad con los dos modelos antes expuestos. Por último, se discuten dos alternativas para resolver el riesgo de longevidad presente en el sistema de pensiones, proponiéndose por un lado los Bonos de Longevidad y, por otro, el Modelo de la Cuarta Edad.

**Palabras Claves:** Riesgo de Longevidad, Modelo Lee-Carter, Modelo CBD, Bonos de Longevidad, Modelo de la Cuarta Edad.

# 1. Introducción

En los últimos años, el tema de la longevidad se ha vuelto cada vez más importante tanto a nivel nacional como internacional, y es que de la mano con los avances tecnológicos y de la medicina moderna ha habido un aumento significativo de la esperanza de vida al nacer. De hecho, en el mundo este indicador aumentó 3 años entre 2000-2005 y 2010-2015, es decir, pasó de 67 a 70 años (United Nations, 2015).

De acuerdo a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la región pasa por cambios demográficos históricos en la actualidad, tales como un acelerado descenso de la fecundidad (por debajo de la media mundial) y una reducción sostenida de la mortalidad ganando, alrededor de 20 años en promedio de vida. Estos factores serían los causantes de que para el año 2050, la proporción de personas mayores en la región corresponda a la que se observa hoy en naciones desarrolladas, pero diferenciándose por una baja cobertura de seguridad social, condiciones de salud inequitativas y un probable aumento de la presión en las familias para garantizar el bienestar en la vejez, lo cual torna complejo el panorama de protección de Derechos Humanos para los ancianos en el continente (CEPAL-CELADE, 2005).

Con ello, cada población se configura en una estructura particular, es decir, existe una proporción de hombres y mujeres por grupo de edad, estableciéndose así, poblaciones de estructura joven, madura o envejecida. Por su parte, Chile se encuentra en un proceso de “transición demográfica avanzada reciente”, que se caracteriza por tener edades centrales más abultadas en la pirámide poblacional, dada la alta fecundidad del pasado. A esto también se le denomina envejecimiento por el centro, lo cual se distancia de aquellas poblaciones que tienen un porcentaje mayor de personas en edades jóvenes y un muy bajo porcentaje de población en edades avanzadas (transición incipiente). Lo anterior está avalado por las estimaciones del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), a partir de los censos de los años 1992 y 2002, así como de las aproximaciones del año 2015, en donde la pirámide de envejecimiento de

Chile se ha engrosado en las edades más avanzadas y se ha angostado en las edades más jóvenes (INE, 2016).

Es por el contexto anteriormente descrito, que la población de edad más avanzada, se posiciona como uno de los focos más relevantes en las políticas sociales del futuro, pues el actual escenario de envejecimiento poblacional, tiene importantes implicancias económicas y financieras para el país. Por ejemplo, se puede analizar la “Relación de Dependencia Total” que vincula a través de un cociente a todas las personas económicamente inactivas, con la población en edad de trabajar. Larraín, Ballesteros y García (2017), estiman esta relación para Chile en base a datos de la división de población de las Naciones Unidas, encontrando que dicha tasa de dependencia pasaría de un 24,53% en el año 2016 a un 65,3% en 2052 (Larraín et al., 2017).

Por otro lado, a medida que las personas viven más tiempo, hay una carga creciente para las instituciones e individuos comprometidos con el cuidado de esta población. Por ejemplo, los proveedores de pensiones y anualidades tienen la obligación de hacer pagos a sus asegurados durante el tiempo que viven. Por otra parte, se encuentran las transformaciones que debe implementar el sistema de salud para las personas mayores, contando con personal especializado, adaptando la infraestructura instalada y la cultura biomédica, procurando potenciar los mecanismos preventivos que ayudarían a disminuir los costos de salud en condiciones de envejecimiento progresivo de la población (CEPAL-CELADE, 2005). Por último, la atención y cuidado de las personas mayores ejerce una fuerte presión en las familias, requiriendo éstas un fortalecimiento psicológico y económico; haciéndose con ello relevante el apoyo a las redes comunitarias para que las personas mayores logren desarrollar sus vidas en un ambiente propicio y favorable al ejercicio de sus derechos y sus potencialidades (CEPAL-CELADE, 2005).

En particular, este seminario de título explora la naturaleza de la longevidad humana y su comportamiento estocástico, así como su incidencia en el cálculo de las pensiones de vejez.

De acuerdo a lo anterior, el presente estudio se divide en cinco partes. La primera, se denomina “Longevidad Humana”, la que discute las dos principales posturas sobre esta temática, a saber, aquella perspectiva pesimista, que plantea que existe una barrera biológica para la supervivencia humana, y por otro lado, aquel enfoque optimista, que no cree que exista tal barrera, pudiendo la vida humana, extenderse indefinidamente.

El segundo apartado, titulado “Riesgo de Longevidad”, desarrolla los tres tipos de riesgo presentes en este problema financiero en el contexto de Rentas Vitalicias, a saber, el riesgo de modelo, el riesgo idiosincrático, y el riesgo de tendencia. Por último, la sección trata el tema de las tablas de mortalidad, que son el instrumento que regula la cantidad de reservas técnicas necesarias para el pago de las rentas vitalicias por parte de las compañías de seguro, y que además, influyen en el monto de las pensiones ofrecidas a los afiliados.

El tercer apartado de este trabajo, busca profundizar en los modelos de predicción de mortalidad estocástica, en particular en dos de los más utilizados en las investigaciones empíricas recientes. Por un lado, se presenta el Modelo Lee-Carter, caracterizado por pronosticar y analizar la dinámica de la mortalidad, contemplando la interacción entre variables como tasa de mortalidad, esperanza de vida e índice de mortalidad, usando modelos de series de tiempo, que no incluyen variables explicativas del fenómeno de mortalidad.

Por otro lado, se analiza el modelo de Cairns, Blake, Down (CBD), el que estima dos parámetros asociados a la mortalidad de una cohorte etaria para un determinado año. Con ello, los autores proyectan basándose en los datos de Inglaterra y Gales dichos parámetros de mortalidad usando dos metodologías. La primera es asumiendo certidumbre en los parámetros estimados, y la segunda es asumiendo que dichos parámetros tienen asociada una distribución de probabilidad.

Posteriormente, en el cuarto apartado, se muestran aplicaciones empíricas, de los modelos antes definidos matemáticamente, desarrollando los casos de Italia a través del modelo Lee-Carter; Inglaterra y Gales, utilizando el modelo CBD; y, finalmente el caso de Chile, donde la OECD realiza una comparación de las tablas de mortalidad con los dos modelos antes expuestos.

Por último, el apartado “Propuestas de Soluciones al Problema Riesgo de Longevidad”, desarrolla dos alternativas para resolver el riesgo de longevidad presente en el sistema de pensiones, en particular, para las rentas vitalicias, proponiéndose por un lado los Bonos de Longevidad y, por otro, el Modelo de la Cuarta Edad.

Las reflexiones finales del trabajo, son presentadas en el apartado de “Conclusiones”, en donde además se proponen nuevas líneas de investigación para la profundización y mejoramiento del sistema de pensiones chileno.

## 2. Longevidad Humana

En las últimas décadas, la longevidad humana ha experimentado un aumento como nunca antes en la historia. Esto presenta un gran desafío en materia de políticas públicas, pues este patrón de envejecimiento aumenta el número de personas en retiro, lo cual implica un desafío en el ámbito de la salud, mercado del trabajo, seguridad social, entre otros.

Existen dos grandes teorías que explican la longevidad humana. A saber, existe un área de la ciencia que cree que existe una barrera natural para la supervivencia humana. Por otro lado, están los investigadores que postulan que no existe tal barrera y que la vida podría extenderse indefinidamente.

La literatura recurrentemente menciona a Suecia, donde se poseen estadísticas precisas sobre la mortalidad, y que están disponibles desde hace más de un siglo. La esperanza de vida al nacer tuvo un cambio modesto a través de los años 1700 y principios de 1800, mientras que aumentos sostenidos a mediados de los años 1800, lo que ha continuado hasta el presente. Por ejemplo, la esperanza de vida al nacer en Suecia para las mujeres aumentó de 53,6 años en 1900, a 72,4 años en 1950 y luego a 82,4 años en 2003 (Tuljapurkar, 2015).

Las tasas de mortalidad femenina en edades más avanzadas han disminuido desde 1950, con grandes reducciones absolutas. El patrón es similar en los varones, aunque desde la concepción hasta la vejez los varones sufren tasas de mortalidad más altas que las mujeres, y el progreso en la reducción de la mortalidad masculina ha sido generalmente más lento que para las mujeres.

Se han logrado progresos similares en los aumentos de la esperanza de vida en todos los países industrializados y en gran parte del mundo en desarrollo. Las tendencias de la mortalidad mundiales desde 1900 han sido aproximadamente similares a las de Suecia, en efecto, la supervivencia de las octogenarias femeninas también ha aumentado desde 1950 en Inglaterra, Francia, Islandia, Japón y Estados Unidos (Vaupel et al., 1998).

La esperanza de vida mundial se ha más que duplicado en los últimos dos siglos, de aproximadamente 25 años a unos 65 años para los hombres y 70 años para las mujeres. Este fenómeno aumentó en gran medida la cantidad y calidad de la vida de las personas, estimulando enormes incrementos en la producción económica y en el tamaño de la población, incluyendo una explosión en el número de ancianos (Oeppen and Vaupel, 2002).

En 1840 el récord fue realizado por las mujeres suecas, que vivían en promedio un poco más de 45 años. Entre las naciones de hoy, Japón goza de la esperanza de vida más larga del mundo y los niveles más bajos de mortalidad en edades más avanzadas, siendo un país líder en el ritmo acelerado de aumento de la supervivencia de la vejez. Es así que desde principios de los años setenta, las tasas de mortalidad femenina en Japón han disminuido a tasas anuales de alrededor del 3% para las octogenarias y del 2% para las nonagenarias. Con ello, las japonesas disfrutaban de la mayor expectativa de vida, con casi 85 años (Vaupel et al., 1998).

Chile presenta niveles no muy diferentes a los mostrados por los países desarrollados. Según datos del Ministerio de salud la “Esperanza de Vida” al nacer de nuestro país, ha ido desde 54,8 años en el periodo 1950-1955, a 79,1 años en el periodo 2010-2015 y estiman que para el periodo 2020-2025 la esperanza de vida será 80,21 años, siendo esta una clara tendencia al alza (MINSAL, 2016).

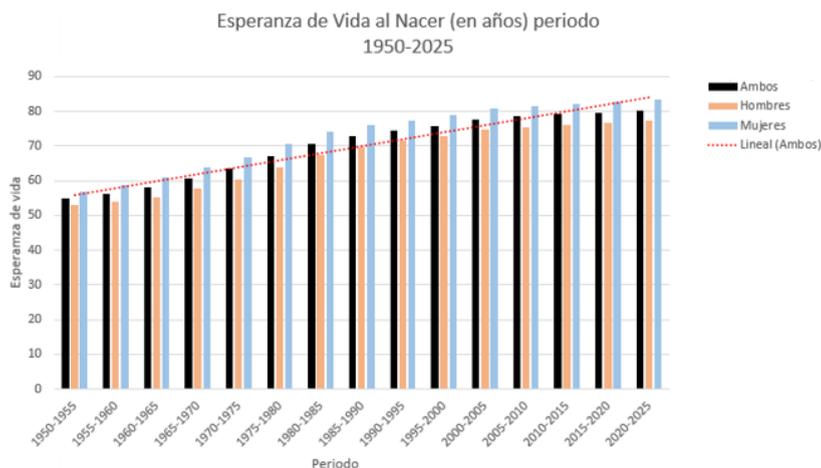


Figura 1: Elaboración propia en base a datos de MINSAL

Lo anterior, queda en evidencia en la figura 1 que muestra un gráfico de barras de la esperanza de vida al nacer de los chilenos con los datos y proyecciones del Ministerio de Salud.

Por otro lado, es bueno poner en perspectiva los datos nacionales, con lo que ocurre a nivel mundial, para ello se presenta la figura 2, un gráfico elaborado por Oeppen y Vaupel (2002), en su publicación “Broken Limits to Life Expectancy”, en donde se muestra la convergencia de Chile a niveles de esperanza de vida de países desarrollados.

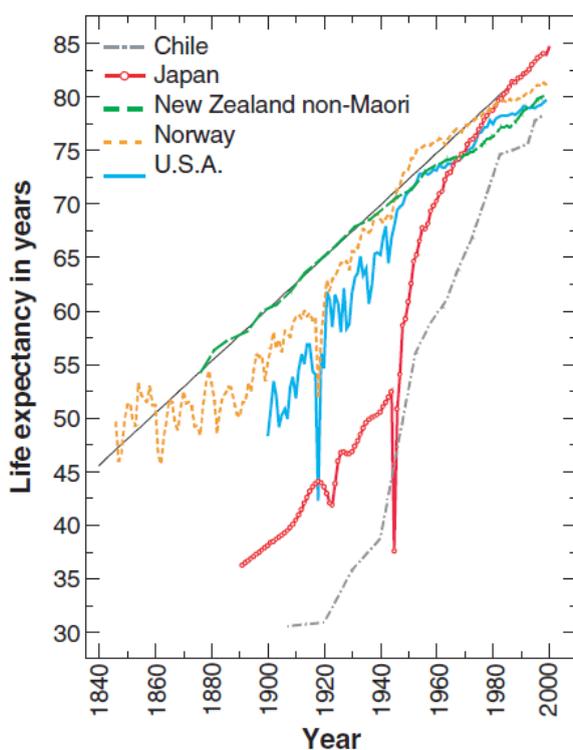


Figura 2: Expectativa de vida según países, (Oeppen and Vaupel, 2002)

Lo anterior es resultado de una aplicación sostenida de recursos y conocimientos en salud pública para la reducción de la mortalidad. Las sociedades suelen asignar atención y recursos en proporción a los niveles observados de mortalidad en diferentes edades (por ejemplo, programas de inmunización contra la enfermedad infantil). Dicha asignación produciría un cambio exponencial en la mortalidad, aunque no necesariamente a una tasa constante. Con el tiempo, la tasa de disminución proporcional depende de un equilibrio entre el nivel de

recursos centrados en la reducción de la mortalidad y su efectividad marginal (Tuljapurkar et al., 2000).

Históricamente, el nivel de recursos ha aumentado, pero no así su efectividad marginal, la que ha disminuido con el tiempo, dado que nos enfrentamos a causas de mortalidad cada vez más complejas que requieren recursos sustanciales o nuevos conocimientos (Tuljapurkar et al., 2000). Es por esto, que ciertos autores afirman que este patrón limita necesariamente aumentos en la esperanza de vida en las próximas décadas.

Sumado a lo anterior, la reducción de la mortalidad en una determinada edad afecta a la esperanza de vida, en parte a través de una ganancia en años vividos después de esa edad, por lo que reducir la mortalidad a los 65 años, por ejemplo, tiene menos efecto numérico que la reducción de la mortalidad a los 5 años (Olshansky et al., 1990). Precisamente por esto, la medicina moderna enfrenta uno de los mayores desafíos actuales en la reducción de enfermedades crónicas, dado que las enfermedades infecto-contagiosas y las relacionadas a la desnutrición (a edades tempranas) ya están bajo control.

Es así, que para el futuro se espera un aumento continuo de los recursos gastados en la reducción de la mortalidad y una creciente complejidad de las causas de muerte. Este siglo ha sido testigo de una sorprendente serie de descubrimientos que han alterado la medicina y la salud pública, y no hay ninguna razón convincente para que el futuro sea cualitativamente diferente si se descubren nuevos conocimientos y se traducen en reducciones de mortalidad a un ritmo sin precedentes. Por lo tanto, se espera una continuación del patrón histórico de mortalidad a largo plazo (Tuljapurkar et al., 2000), pudiéndose pronosticar la expectativa de vida de un país considerando la brecha entre su desempeño nacional y el nivel de las mejores prácticas de salud mundiales ya implementadas (Oeppen and Vaupel, 2002).

Debido a que la esperanza de vida ha aumentado 2,5 años por década durante un siglo y medio, un escenario razonable sería que esta tendencia continuará en las próximas décadas. Si es así, la expectativa de vida alcanzará los 100 años en aproximadamente seis décadas. Esto

está lejos de la eternidad, pues incrementos anuales modestos en la esperanza de vida nunca conducirán a la inmortalidad. Es sorprendente, sin embargo, que hoy en día los centenarios puedan llegar a ser comunes (Oeppen and Vaupel, 2002).

Todo lo anterior responde a datos demográficos de lo que ha ocurrido en Chile y el mundo con respecto a la longevidad humana, pero también podemos evaluar las dimensiones particulares de la salud, como la tasa metabólica en reposo o algún aspecto de la química sanguínea. Sin embargo, la salud como un concepto unitario, es difícil de definir operacionalmente, por lo que generalmente es evaluada a través de variables “proxies” definidas ampliamente.

Tuljapurkar (2005) señala que el riesgo de mortalidad es un proxy natural de la salud, pues las personas más sanas deben tener menores riesgos de mortalidad, siendo este revelado solamente cuando la gente muere, por lo que se debiera igualar los atributos de las personas que mueren, a los individuos vivos, asignando el riesgo de mortalidad a los atributos. Pero existen pruebas considerables de que otras características individuales influyen en el riesgo relativo de mortalidad de las personas. Por ejemplo, pensando un atributo como la obesidad, la aptitud y la actividad física, afectan el riesgo relativo de mortalidad en cualquier nivel de esta enfermedad, por lo que no se sabe cuánta variación podría haber entre los riesgos para las personas que son igualmente obesas, pero difieren en la aptitud siendo ésta una variable relevante omitida para el modelo (Tuljapurkar, 2015).

Otra forma de evaluar los factores de riesgo de mortalidad, es examinar las muertes por causas que están correlacionadas con esos factores de riesgo y luego utilizar esas tasas de mortalidad por causa específica para construir una tendencia en la mortalidad general. Este método se basa en las correlaciones entre las causas de muerte, las que a menudo también pueden depender de los mismos factores de riesgo, por ejemplo, la obesidad es un factor que correlaciona con una larga lista de causas de muerte, lo que hace particularmente difícil el análisis de la causa específica (Tuljapurkar, 2015).

Por otra parte, existe un área de la ciencia que postula que existe una duración de vida

máxima determinada genéticamente. La mayoría de las especies sexualmente reproductoras muestran signos de senescencia con la edad, y los biólogos evolutivos han desarrollado teorías para explicar esto. El período post reproductivo de la vida debe ser corto porque no hay selección contra las mutaciones que no se expresan hasta que la actividad reproductiva ha cesado. La lógica de esta teoría y la ausencia de convincentes contra-teorías han hecho que desde esta perspectiva teórica se descarte la evidencia de disminuciones sustanciales en la mortalidad de las personas, suponiendo que las reducciones son anómalas y que el progreso de la esperanza de vida se estancará en algún momento (Vaupel et al., 1998).

Sin embargo, las trayectorias de la esperanza de vida no parecen acercarse a un máximo (ver figura 2). La subida lineal de la esperanza de vida récord sugiere que las reducciones en la mortalidad no deben ser vistas como una secuencia desconectada de revoluciones irrepetibles sino como un flujo regular de progreso continuo. Las mejoras en la mortalidad resultan de la intrincada interacción de los avances en ingresos, salubridad, nutrición, educación, saneamiento y medicina, variando por edad, período, cohorte, lugar y enfermedades. Antes de 1950, la mayor parte de la ganancia en la esperanza de vida se debía a grandes reducciones en las tasas de mortalidad a edades más tempranas. En la segunda mitad del siglo XX, las mejoras en la supervivencia después de los 65 años impulsaron el aumento de la duración de la vida de las personas (Oeppen and Vaupel, 2002).

A medida que la expectativa de vida aumentaba más y más, los expertos eran incapaces de imaginar un aumento aún mayor, contemplando varias barreras biológicas e impedimentos prácticos, así como una noción de una vida fija que evolucionó en un límite inminente a la esperanza de vida (Oeppen and Vaupel, 2002). En 1928, Louis Dublin cuantificó este consenso, utilizando las tablas de vida de los Estados Unidos como guía y estimando el nivel más bajo al que la tasa de mortalidad en cada grupo de edad posiblemente podría reducirse. Su tabla proyectaba una cifra última de 64 y 75 años para la expectativa de vida de hombres y mujeres respectivamente. En ese momento, la esperanza de vida de los Estados Unidos era de unos 57 años. Debido a que Dublin no tenía datos para Nueva Zelanda, no se dio cuenta

de que su techo ya había sido superado por las mujeres (no maorí) de este país que, en el 1921, ya alcanzaban en promedio los 65,93 años (Oeppen and Vaupel, 2002).

Olshansky, Carnes & Cassel en 1990, afirmaron que la expectativa de vida no debiera exceder los 35 años después de los 50 años, a menos que se produzcan grandes avances en el control de la tasa fundamental de envejecimiento. Sin embargo, este límite fue superado por las mujeres japonesas en el año 1996. Aunque todavía no se han superado algunos de los límites ostensibles más recientes, los límites de vida propuestos por Dublín en el año 1928 y los de Olshansky et al. en el año 1990 se han roto, en promedio 5 años después de sus publicaciones (Oeppen and Vaupel, 2002).

Luego, puede decirse que, durante la historia, se ha tratado de predecir más de una vez el límite de la existencia humana, sin tener éxito en esta tarea. Todo esto puede graficarse como una situación donde la mayoría de las personas van alcanzando la esperanza de vida, pero también dicho valor se va alejando dinámicamente del punto inicial. La figura 3 muestra la situación argumentada.

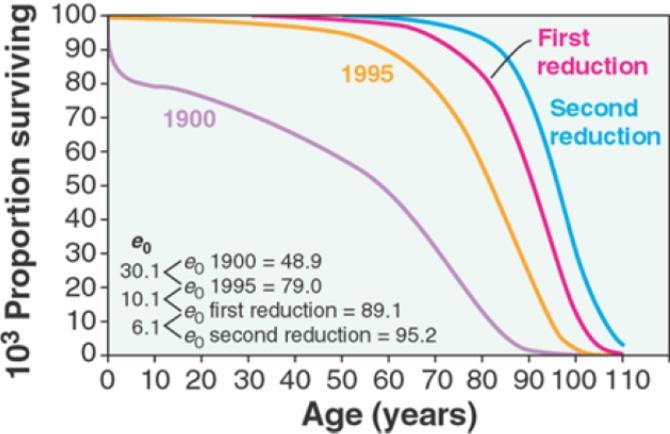


Figura 3: Movimiento de Curvas de Supervivencia (Olshansky et al., 2001)

Esto presenta complicaciones al momento de hacer estimación de longevidad de la población y puede ser entendido para efectos del sistema de pensiones como un doble riesgo. Por un lado, está el riesgo de que mayor cantidad de personas en promedio alcancen la esperanza de vida, y, por otro lado, está el riesgo de que dicha esperanza de vida sea cada vez mayor.

### 3. Riesgo de Longevidad

Como ya se mencionó en el apartado anterior, existe un gran debate en curso acerca de si la longevidad humana continuará mejorando en el futuro como lo ha hecho en el pasado reciente.

Esta controversia tiene importantes implicaciones financieras y económicas. A medida que las personas viven más tiempo, hay una carga creciente para las personas e instituciones comprometidas con el cuidado de la población anciana. Por ejemplo, los proveedores de pensiones y anualidades tienen la obligación de hacer pagos a sus asegurados durante el tiempo que viven. Hasta hace poco, los planificadores financieros habían asumido que podían predecir fielmente la longevidad, mientras que los proveedores de anualidad creían que podían protegerse contra el riesgo de longevidad mediante la celebración de un libro de anualidad diversificada, apoyándose en la ley de los grandes números para asegurar que los pensionados morían en promedio cuando se esperaba. Sin embargo, esta confianza en la previsibilidad de la longevidad agregada ha sido severamente sacudida en los últimos años por la emergente crisis y eventos tales como el fracaso de Equitable Life, la oficina de seguros de vida más antigua del mundo, en el Reino Unido que tuvo grandes problemas financieros en el año 2000 (Blake et al., 2008).

Es así, que la longevidad puede afectar al sistema de pensiones de diferentes maneras, por ejemplo, si se trata de un sistema de reparto, genera presiones fiscales, lo cual puede afectar el sano manejo de la economía por parte de la autoridad. Por otra parte, si se trata de un sistema de capitalización individual (como el caso chileno), genera dos problemas. Por un lado, bajas pensiones para los afiliados (en el caso de retiro programado), y por otro, una presión (riesgo de quiebra) para el caso de las compañías aseguradoras que pagan las rentas vitalicias.

Bajo la modalidad de retiro programado, la longevidad representa un problema que sin duda impacta en el monto final de la pensión. Es decir, si un afiliado se encuentra en este

mecanismo, y en promedio vive más tiempo, el monto total acumulado debe dividirse por más años, lo que conlleva a una pensión menor.

Pero el riesgo de longevidad es un problema aún mayor en el contexto de rentas vitalicias, por un lado la longevidad también impactará en la obtención de bajas pensiones, ya que la aseguradora se enfrentará a un individuo que en promedio vive más tiempo, y por ello ofrece una pensión menor. Por otro lado, se presenta un riesgo sistémico, pues cuando un grupo de asegurados vive más de la edad esperada, la compañía de seguros se ve obligada a afrontar pagos de rentas vitalicias por una mayor cantidad de tiempo. Esto implica que aumente su cantidad total de pasivos, pudiendo llevar a la quiebra a la compañía, cuestión que es grave en la medida que el mecanismo de aseguramiento, implica que el asegurado ya no es dueño de su capital (ahorro proveniente de su cuenta individual), sino que es dueño de la promesa de pagos futuros por parte de la compañía, y si dicha empresa quiebra miles de personas perderán sus ahorros previsionales.

Es por lo anterior, que el presente seminario se enfoca en el análisis de las rentas vitalicias debido al complejo escenario que podría generarse si dichas aseguradoras estiman de manera errónea el riesgo de longevidad y caen en situación de quiebra. De acuerdo a esto, según la Superintendencia de Valores y Seguros (SVS), los factores que generan el riesgo de longevidad, son principalmente tres, a saber, riesgo de modelo, riesgo idiosincrático y, por último, el riesgo de tendencia (Mastrangelo, 2013).

### **3.1. Riesgo de Modelo**

Existe una elevada incertidumbre en torno a cómo la continua mejora de la longevidad evolucionará en el futuro y sus consecuencias sobre la industria del seguro y los sistemas nacionales de pensiones. El riesgo de modelo, implica que la función de distribución de probabilidad esté mal estimada, debido principalmente a imperfecciones de los datos.

Clave para la estimación de las expectativas de vida son los datos de la población de

rentistas. Es así como desde el año 1995 la SVS ha recopilado sistemáticamente información sobre el stock de rentistas y beneficiarios, la cual se valida con los datos del registro civil. Además, en el año 2005, la SVS y la Superintendencia de Pensiones acordaron revisar la suficiencia de las tablas de mortalidad cada cinco años, contados desde la fecha de emisión de la tabla respectiva (Mastrangelo, 2013), pues éstas son los instrumentos a través del cual la autoridad exige las reservas técnicas que deben cumplir las aseguradoras.

Es por esto que desde el año 2009, la SVS está implementando un modelo de supervisión en base a riesgos. En este contexto, se ha dictado normativa, respecto a las buenas prácticas de gestión de los mismos, definiéndose entre los riesgos técnicos al riesgo de longevidad como uno de los que debe ser identificado, evaluado y gestionado por las aseguradoras que mantienen obligaciones por rentas vitalicias (Mastrangelo, 2013).

### **3.2. Riesgo Idiosincrático**

Por su parte, el riesgo idiosincrático es el riesgo específico de los pasivos por rentas vitalicias que pagan las aseguradoras, es decir, es el riesgo de que un individuo en particular se desvíe del valor esperado que estimó dicha aseguradora, afectando el patrimonio de la compañía, aunque no generándole riesgo de quiebra (dado que es solo un individuo). Este riesgo puede ser gestionado por las compañías, siendo la diversificación la clave para el éxito en el manejo de este problema. Para ello, es necesario que exista una masa importante de asegurados y que las modalidades de renta vitalicias sean relativamente homogéneas desde el punto de vista de longevidad (Mastrangelo, 2013).

### **3.3. Riesgo de Tendencia**

El riesgo de tendencia, es el riesgo de aumentos inesperados importantes en la expectativa de vida debido a factores socioeconómicos o a mejoramientos en la eficacia de los tratamientos médicos. Este es el riesgo que genera mayor preocupación a nivel sistémico, pues no es posible administrarlo por medio de la diversificación a nivel local. Por otro lado, como la longevidad

es un fenómeno que ocurre a nivel mundial, la diversificación con otros países no es posible de realizar, o el espectro de países con los cuales es factible de establecer es muy reducido.

Se debe mencionar que el Estado también está afectado por este factor de riesgo de longevidad, debido a que financia pensiones o complementos de pensión de carácter vitalicio, a saber, la Pensión Básica Solidaria y el Aporte Previsional Solidario (Mastrangelo, 2013).

En resumen, es posible identificar tres componentes diferentes del riesgo de longevidad; el riesgo en la medición (datos); el riesgo idiosincrático, es decir, que un individuo en particular viva más que el promedio y por otro lado el riesgo sistémico o de tendencia, es decir, que generaciones completas comiencen a vivir más de lo esperado a partir de los progresos sociales.

### **3.4. Tablas de Mortalidad**

Una discusión relevante que debe incorporarse es la de las tablas de mortalidad que calculan tanto la autoridad reguladora como las propias compañías de seguro. En efecto, la Superintendencia de Pensiones (SP) y la Superintendencia de Valores y Seguros (SVS) llevan a cabo en conjunto la construcción de las tablas de mortalidad, las cuales se emplean para efectos del cálculo de las reservas técnicas de los seguros de Renta Vitalicia, para el cálculo del Capital Necesario de las pensiones de Retiro Programado y de los Aportes Adicionales cubiertos por el seguro de invalidez y sobrevivencia (SVS and SP, 2015).

En Chile, la elaboración de las nuevas tablas contó con la asesoría técnica especializada de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y, como parte del proceso, también se realizaron consultas al Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y al Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE)(SVS and SP, 2015).

Las tablas de mortalidad, son el instrumento más utilizado desde hace siglos para modelar la mortalidad asociada a un colectivo de población. Es un modelo teórico que permite medir las probabilidades de vida o de muerte de una población en función de su edad. Dichas

probabilidades se calculan en base a las frecuencias de muerte en varios años observados a lo largo de un periodo dado. Las tablas que hasta hace poco tiempo se estaban utilizando son las RV-2009 (hombres y mujeres), B-200 (hombres y mujeres) y MI-2006 (hombres y mujeres), las cuales rigieron hasta el 30 de junio de 2016 (SVS and SP, 2015).

Las tablas anteriormente mencionadas, fueron cambiadas por las llamadas:

- CB-H-2014 (hombres) para pensionados por vejez y beneficiarios no inválidos de pensión de sobrevivencia.
- MI-H-2014 (hombres) para pensionados por invalidez y beneficiarios inválidos de pensión de sobrevivencia.
- RV-M-2014 (mujeres) para pensionadas por vejez.
- B-M-2014 (mujeres) para beneficiarias no inválidas de pensión de sobrevivencia.
- MI-M-2014 (mujeres) para pensionadas por invalidez y beneficiarias inválidas de pensión de sobrevivencia.

Con estas nuevas tablas de mortalidad cambian los parámetros en los cálculos de las pensiones de los afiliados. En efecto la SVS y la SP estiman que con las nuevas tablas de mortalidad las pensiones para el caso de retiro programado, bajarán en promedio un 2,2% para las mujeres, y un 2,1% para los hombres que jubilen a la edad legal de jubilación (60 y 65 años respectivamente). Esta baja se debe a que las nuevas tablas de mortalidad estiman que la edad promedio de las mujeres será hasta los 90,31 años (1 año y 2 meses más que las tablas de mortalidad reemplazadas) y la de los hombres 85,24 (7 meses más que las tablas anteriores). Esto hace que el monto acumulado por el pensionado deba ser repartido entre más años, lo cual implica una baja en su monto de pensión (SVS and SP, 2015).

Por su parte, esta modificación también afecta a las rentas vitalicias. Por un lado, está la modificación a las reservas técnicas de las compañías de seguro, la cual la SVS y SP estiman

que se incrementarán en aproximadamente US\$ 530 millones, equivalentes a 1,48 % de las reservas técnicas por rentas vitalicias, a junio de 2015 (SVS and SP, 2015).

Por último, las pensiones pagadas por renta vitalicia también se verán afectadas por las nuevas estimaciones de las tablas de mortalidad actualizadas. La magnitud de este efecto dependerá de cuanto traspasen de ese nuevo riesgo a las pensiones. Si las aseguradoras traspasaran el efecto de las nuevas tablas íntegramente a pensión, el monto de la renta vitalicia ofertada a las mujeres de 60 años se reduciría en alrededor de un 2,3 %, en tanto que el monto de la pensión ofertada a los hombres de 65 años caería en torno a 1,8 % (SVS and SP, 2015).

## 4. Modelos de Predicción de Mortalidad

A esta altura, ya queda en evidencia, que la mortalidad del ser humano es un proceso estocástico, en otras palabras, la longevidad no sólo ha mejorado, sino que lo ha hecho, hasta cierto punto de manera impredecible.

Se han propuesto una variedad de enfoques para modelar la aleatoriedad en las tasas de mortalidad agregada a través del tiempo. Por un lado, están aquellos que utilizan una temporalidad discreta, y por otro, están los que usan tiempo continuo. Un ejemplo del primer enfoque son aquellos modelos que usan cifras anuales, es así como Lee y Carter (1992) y autores posteriores adaptan modelos de series de tiempo (discreto) para capturar el elemento aleatorio en el desarrollo estocástico de las tasas de mortalidad.

Otros autores han desarrollado modelos en un marco de tiempo continuo, los cuales son un aporte, en la medida que incorporan mayor y más detallada información. Con ello, se pueden capturar de mejor manera las estacionalidades, por ejemplo, la variación en las tasas de mortalidad por aumento de enfermedades respiratorias en el invierno, o las muertes ocasionadas por determinadas pautas de comportamientos, como los accidentes de tránsito para ciertas festividades.

Sin embargo, este tipo de modelos, tienen una inestabilidad en el momento actual de su desarrollo, dado que no logran un ajuste claro a los datos existentes, lo que obstaculiza su implementación práctica (Blake et al., 2006)<sup>1</sup>. Es por ello que este trabajo se enfocará en la revisión dos de los más importantes modelos de tiempo discreto en la materia.

## 4.1. Modelo Lee-Carter

El modelo Lee-Carter fue concebido en el año 1992, para pronosticar y analizar la dinámica de la mortalidad, contemplando la interacción entre variables como tasa de mortalidad, esperanza de vida e índice de mortalidad.

Cabe destacar que este modelo no incluye información relativa a las variables explicativas del fenómeno de la mortalidad, como por ejemplo, las tasas accidentabilidad, los avances en la medicina moderna, las guerras u otros eventos que pudieran marcar un punto de inflexión.

Es así, como el modelo Lee-Carter basa su estimación en la proyección de la tendencia histórica presentada por las variables, así mismo, su composición probabilística permite, a través de series de tiempo, generar análisis sobre el comportamiento futuro, como lo pueden ser pronósticos e intervalos de confianza. A pesar de sus limitaciones, la aproximación definida por Lee y Carter es utilizada ampliamente en investigaciones del área de demografía, economía, biología, entre otras (Ochoa, 2015).

Lee y Carter, trabajaron con bases de datos de Estados Unidos, que contemplaban los años desde 1933 hasta 1987, las cuales contenían información acerca de la edad específica de mortalidad para la población total (sin distinguir entre raza y sexo). Ellos generaron grupos de individuos diferenciados por intervalos etarios de 5 años, que contemplaban desde recién nacidos hasta personas de 85 años y más, esto para estimar un modelo que capturase las diferencias en las tasas de mortalidad de dichos grupos de edad. Lee y Carter (1992), muestran que en 1918 la epidemia de la influenza elevó las tasas de mortalidad a 34% en

---

<sup>1</sup>Para obtener bibliografía específica del tema ver Blake, Cairns & Dowd, 2006, p. 689

toda la tendencia (población completa), pero con diferencias importantes entre los grupos.

Por ejemplo, para las personas de 55 años y más, la tasa de mortalidad no aumentó, cuestión que no ocurrió en las edades más jóvenes, sobre todo para las personas entre 25 y 34 años que vieron aumentada su tasa de mortalidad hasta un 150 %, demostrando que las tasas de mortalidad son heterogéneas a los tramos de edad (Lee and Carter, 1992).

El modelo de Lee y Carter se describe de la siguiente manera, sea  $m(x, t)$  la tasa de mortalidad para la edad  $x$  en el año  $t$ . Ellos ajustan la matriz de tasas de mortalidad con el modelo

$$m(x, t) = e^{a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t}}$$

$$\ln[m(x, t)] = a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t}$$

Donde  $a_x$  es el efecto de la edad de la cohorte  $x$ ,  $k_t$  es el efecto del tiempo en la mortalidad, y  $b_x$  representa la velocidad con la que cambia la fuerza de mortalidad en cada edad a lo largo del tiempo. Se puede observar que

$$\frac{\partial \ln[m(x, t)]}{\partial t} = b_x \frac{\partial k_t}{\partial t}$$

En principio  $b_x$  puede ser negativo para ciertas edades, indicando que la mortalidad sube para esas edades cuando cae para otras. En la práctica esto parece no ocurrir en el largo plazo. Cuando  $k$  es lineal en el tiempo, la mortalidad para cada edad varía a su propia tasa exponencial constante. Cuando  $k_t$  es menos infinito la tasa para cada edad específica tiende a cero. Las tasas de mortalidad negativas no pueden ocurrir en este modelo, lo cual es una ventaja para la predicción. El término de error  $\epsilon_{x,t}$  es un ruido blanco, de media 0 y varianza  $\sigma_\epsilon^2$ , que refleja la historia particular de cada edad específica no capturada por el modelo (Lee and Carter, 1992).

El modelo se basa en la hipótesis de que  $a_x$  y  $b_x$  (que se estiman con los datos del pasado),

permanecen constantes en el futuro.

En este modelo  $b_x$  y  $k_t$  no son identificables, dado que este no es un modelo lineal en los parámetros, sino que bilineal en  $b_x k_t$ . Esto genera que dicho modelo sea invariante a transformaciones lineales. Por ejemplo, si  $a_x$ ,  $b_x$ , y  $k_t$  son una solución del problema, entonces  $\forall c \neq 0$ ,  $a_x - b_x c$ ,  $b_x$ ,  $k_t + c$  también serán soluciones. En otras palabras, distintas combinaciones de dichos parámetros pueden dar lugar al mismo valor de la fuerza de mortalidad (Ochoa, 2015).

Es por lo anterior que el método de estimación adecuado para capturar dichos parámetros, es el método de Máxima Verosimilitud, pero sujeto a determinadas restricciones sobre los parámetros, para generar la identificabilidad del modelo.

En particular, las restricciones que imponen Lee y Carter (1992) son las siguientes

$$\sum_t k_t = 0 \quad \wedge \quad \sum_x b_x = 1$$

Esto implica que  $a_x$  se puede interpretar como la fuerza de mortalidad media para cada edad  $x$ . Una vez estimado los valores de los parámetros, es posible predecir valores futuros usando un modelo ‘ARIMA’ (Albarrán et al., 2014) <sup>2</sup>.

## 4.2. Modelo CBD

El modelo CBD, toma su nombre por sus creadores Cairns, Blake y Down (2006), y por analogía con los conceptos de tasa de interés, ellos utilizaron la siguiente notación para las probabilidades de supervivencia

$$p(t, T_0, T_1, x)$$

Donde la ecuación anterior indica la probabilidad en  $t$  de que un individuo de edad  $x$  en

---

<sup>2</sup>Para mas información respecto a este tipo de modelos ver ‘Introduction to Modern Time Series Analysis’ (Kirchgässner, G. & Wolters, J. 2007)

el tiempo 0 y aún vivo en  $T_0$  sobrevive hasta el tiempo  $T_1 > T_0$

Ellos definen  $I(u)$  como el proceso indicador que es igual a 1 en el tiempo  $u$  si el individuo de edad  $x$  en el tiempo 0 sigue vivo en el tiempo  $u$ , y 0 en otro caso. Por otro lado, definen  $M_u$  como la filtración generada por el desarrollo de la curva de mortalidad hasta el tiempo  $u$  (historia de la curva de mortalidad hasta el tiempo  $u$ ). Entonces

$$p(t, T_0, T_1, x) = Pr[I(T_1) = 1 | I(T_0) = 1, M_t]$$

Notar que  $p(t, T_0, T_1, x) = p(T_1, T_0, T_1, x) \quad \forall \quad t \geq T_1$ , ya que el periodo  $(T_0, T_1]$  es pasado y no esta sujeta a incertidumbre.

Por simplicidad definen

$$\tilde{p}(t, x) = p(t + 1, t, t + 1, x)$$

Como la probabilidad de supervivencia para la cohorte  $x$  en el tiempo 0. Además definen la tasa de mortalidad realizada, como

$$\tilde{q}(t, x) = 1 - \tilde{p}(t, x)$$

En su artículo, Blake et al. (2006) adoptan el siguiente modelo para la curva de mortalidad (caso especial del Modelo Perks)

$$\tilde{q}(t, x) = \frac{e^{A_1(t+1)+A_2(t+1)(x+t)}}{1 + e^{A_1(t+1)+A_2(t+1)(x+t)}}$$

En la ecuación anterior  $A_1$  y  $A_2$  son procesos estocásticos que se supone que son medibles en el tiempo  $t$ . La notación de esta ecuación hace referencia a que existe un  $A_1$  y un  $A_2$  para cada  $t$ . Además  $A_2$  depende también de la edad de los individuos de la cohorte.

Para tener una mejor comprensión del modelo especificado por Blake et al. (2006), se puede

modificar la notación de la siguiente manera

$$q_y^t = \frac{e^{A_1+A_2y}}{1 + e^{A_1+A_2y}} \quad (1)$$

Donde  $y$  es la edad de la cohorte de individuos en el año  $t$ . Notar que la expresión anterior puede asemejarse a una distribución Logística (Logit).

Para estimar  $A_1$  y  $A_2$  Blake et al. (2006) realizan una transformación sobre la ecuación 1. Ellos dividen la tasa de mortalidad realizada, sobre la tasa de supervivencia. Para ello, notar que la tasa de supervivencia queda de la forma

$$p_y^t = 1 - q_y^t = \frac{1 + e^{A_1+A_2y}}{1 + e^{A_1+A_2y}} - \frac{e^{A_1+A_2y}}{1 + e^{A_1+A_2y}}$$

$$p_y^t = \frac{1}{1 + e^{A_1+A_2y}}$$

Luego, dividiendo  $q_y^t/p_y^t$  se tiene que

$$\frac{q_y^t}{p_y^t} = \frac{e^{A_1+A_2y}}{1 + e^{A_1+A_2y}} \frac{1 + e^{A_1+A_2y}}{1} = e^{A_1+A_2y}$$

Por último, aplicando logaritmo natural se obtiene

$$\ln \left( \frac{q_y^t}{p_y^t} \right) = A_1 + A_2y + \epsilon \quad (2)$$

Notar que 2 es una ecuación lineal, la cual se puede estimar a través del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), donde  $A_1$  y  $A_2$  son los parámetros a estimar, los que dependen de  $y$  (edad de la cohorte de individuos en el año  $t$ ). Para el cálculo, cada año es independiente, por lo que se estima la ecuación 2 para cada  $t$ .

Blake et al. (2006) estiman  $A_1(t)$  y  $A_2(t)$  para las tasas de mortalidad por encima de los 60 años de edad para Inglaterra y Gales en los años 1961-2002. La figura 4 muestra el resultado

del proceso de estimación de  $A_1$  y  $A_2$ , para todos los años de la muestra.

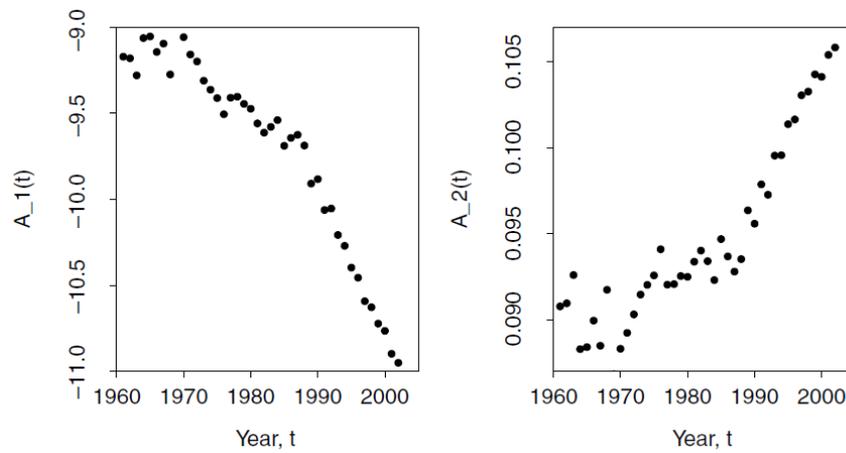


Figura 4: Estimación de  $A_1$  y  $A_2$  por MCO 1961-2002 (Blake et al., 2006)

La tendencia a la baja en  $A_1(t)$  refleja mejoras generales en la mortalidad a lo largo del tiempo en todas las edades. La tendencia creciente en  $A_2(t)$  significa que la curva se está volviendo ligeramente más pronunciada con el tiempo, es decir, las mejoras de mortalidad han sido mayores en edades más bajas. También, se puede decir que hubo cambios en la tendencia y en la volatilidad de ambas series (Blake et al., 2006).

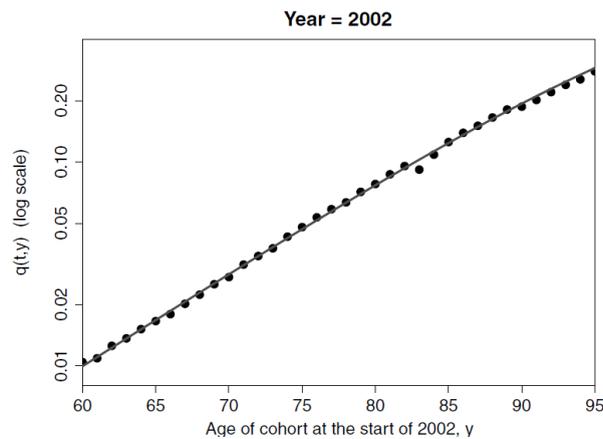


Figura 5: Tasas de mortalidad para hombres mayores de 60 años, Inglaterra y Gales 2002 (Blake et al., 2006)

Considerando el último año de la muestra (2002), Blake et al. (2006) grafican la tasa de mortalidad siguiendo la especificación de la ecuación 1 en escala logarítmica. Los parámetros

$A_1$  y  $A_2$  son -10,95 y 0,1058 respectivamente, para el año 2002, obteniéndose un muy buen ajuste, el que se muestra en la figura 5.

Todo lo anterior, se construyó en base a datos realizados. Por otra parte, para hacer predicción de la distribución futura de  $A(t) = (A_1(t), A_2(t))'$ , modelan  $A(t)$  como un Random Walk con Drift de dos dimensiones. Específicamente,

$$A_{t+1} = A_t + \mu + CZ_{t+1}$$

Donde  $\mu$  es un vector constante de dimensión  $2 \times 1$ ,  $C$  es una matriz triangular superior constante de  $2 \times 2$ , y  $Z_t$  es una variable aleatoria normal estándar de dos dimensiones.

Hay infinitas matrices  $C$  que satisfacen  $V = CC'$ , pero la elección de  $C$  no hace ninguna diferencia en el análisis. Siempre que los valores de  $C$  sean todos reales, la matriz  $CC'$  es siempre semi positiva definida. La restricción de  $C$  a una forma triangular superior significa que  $C$  es fácil de derivar de  $V$  y que esta descomposición (Cholesky) es única (Blake et al., 2006).

Algo relevante a destacar, es que los puntos de la figura 4 son estimaciones que se hacen para  $A_1$  y  $A_2$ , y, como tales tienen un error de estimación, en otras palabras, tienen una distribución asociada, por tanto al proyectar la mortalidad de la población Blake et al. (2006) usando esos datos como insumos generan dos metodologías. La primera es usando los parámetros como ciertos, y la segunda es incorporando la incertidumbre en los parámetros. Esta distinción es clave en la creación de gráficos de abanico que se mostrará en la sección siguiente.

Por último, definen  $S(t, x)$  como la tasa de supervivencia en el tiempo  $t$  de una cohorte de edad  $x$  en el año 0. Para cualquier edad  $x$  dada,  $S(0, x) = 1$  y  $S(t, x)$  debería disminuir a medida que  $t$  se hace más grande y eventualmente converger a 0. Dado una estimación de  $q(t, x)$  obtenida con el proceso anterior, se genera una trayectoria correspondiente de  $S(t, x)$ .

La relación entre mortalidad y tasas de supervivencia es la siguiente

$$S(t + 1, x) = (1 - q(t, x))S(t, x)$$

Para cada  $t$  y  $x$  dado, los cuantiles de  $S(t, x)$  se obtuvieron a partir de las estadísticas de orden relevantes de su muestra de valores  $S(t, x)$ , otorgando los límites de los intervalos de los gráficos de abanico (Blake et al., 2006).

## 5. Estimaciones del Riesgo de Longevidad

Luego de haber visto en detalle el desarrollo del modelo Lee-Carter y CBD, a continuación se muestran aplicaciones empíricas de dichos modelos, así como los resultados del informe realizado por la OECD en el año 2014, quienes analizaron los supuestos subyacentes de las tablas de mortalidad, usadas actualmente por las instituciones financieras relacionadas con el pago de pensiones, para sus cálculos de reservas técnicas.

### 5.1. Aplicación del Modelo Lee-Carter

Bisetti y Favero (2012) estiman el impacto del riesgo de longevidad en el sistema de pensiones italiano mediante la combinación de las predicciones de mortalidad, basadas en un modelo Lee-Carter (1992), con los pagos de pensiones proyectados para diferentes cohortes de los jubilados.

Los autores argumentan que Italia es un caso interesante, ya que la economía de este país se caracteriza por tener una de las deudas públicas más grandes del mundo (tanto en proporción del PIB, como en términos absolutos), una pensión tradicionalmente muy generosa y una de las tasas de fecundidad más bajas del mundo. Con ello, el sistema de pensiones italiano ha sido objeto de una serie de reformas, siendo la más reciente llevada a cabo en el año 2010 y terminada en el año 2012, la que instauró una indexación automática

de la edad de jubilación a la vida residual esperada al momento del retiro (Bisetti and Favero, 2012). Lo anterior quiere decir, que si por ejemplo, una persona antes de la reforma se jubilaba a los 65 años de edad y tenía una esperanza de vida de 20 años, recibía su pensión desde los 65 años hasta los 85 años. Por su parte, si se producía una mejora de la mortalidad, era el Estado quien cargaba con el riesgo de longevidad y debía financiar la pensión por los años que incluyese dicha mejora de mortalidad.

Mientras que en el contexto de reforma, lo que se fija es la cantidad de años del financiamiento de las pensiones por parte del Estado, es decir, retomando el ejemplo anterior, si existe una mejora en la tasa de mortalidad, lo que sucederá es que las personas se jubilarán tantos años más tarde como el aumento en la esperanza de vida de la cohorte. Es decir, si la misma persona de 65 años ahora tiene una esperanza de vida de 23 años, se jubilará a los 68 años (fijando la pensión en 20 años en promedio), eliminando el riesgo de longevidad subyacente en el ejercicio.

Es así, como la estrategia de Bisetti y Favero (2012) para evaluar el impacto del riesgo de longevidad en el sistema de pensiones italiano se basa en tres pasos. El primero, es proyectar la cantidad de jubilados que habrá en el año 2050, utilizando el modelo de mortalidad Lee-Carter para proyectar la mortalidad futura y aplicándola a la pirámide de la población que existía al momento de realizar su trabajo. En segundo lugar, estiman el pago de pensiones a cada cohorte en el futuro, usando la información institucional del sistema de pensiones italiano. Por último, estiman el gasto en pensiones como una proporción del PIB que se proyecta en el horizonte temporal del año 2012 al 2050, con sus intervalos de confianza asociados (Bisetti and Favero, 2012).

Los resultados del primer paso de la investigación de Bisetti y Favero (2012) proyectan la mortalidad de la población jubilada italiana de 65, 75, 85 y 95 años de edad, entre los años 2012 y 2050, comparándolo con un índice de referencia que representa un escenario de mortalidad constante. La mortalidad proyectada para personas de 65 años en 2050 es igual a 0,17 % (mientras que se sitúa en 0,94 % en 2008) y converge a cero en el caso de límite inferior.

Del mismo modo, se estima que las tasas de mortalidad de 75, 85 y 95 años disminuyan de 2,57 %, 8,70 % y 27,90 % en 2008 a 0,49 %, 2,01 % y 10,78 % en 2050, respectivamente (Bisetti and Favero, 2012). Los resultados de la proyección del modelo Lee-Carter obtenidos por los autores, pueden visualizarse a continuación en la figura 6

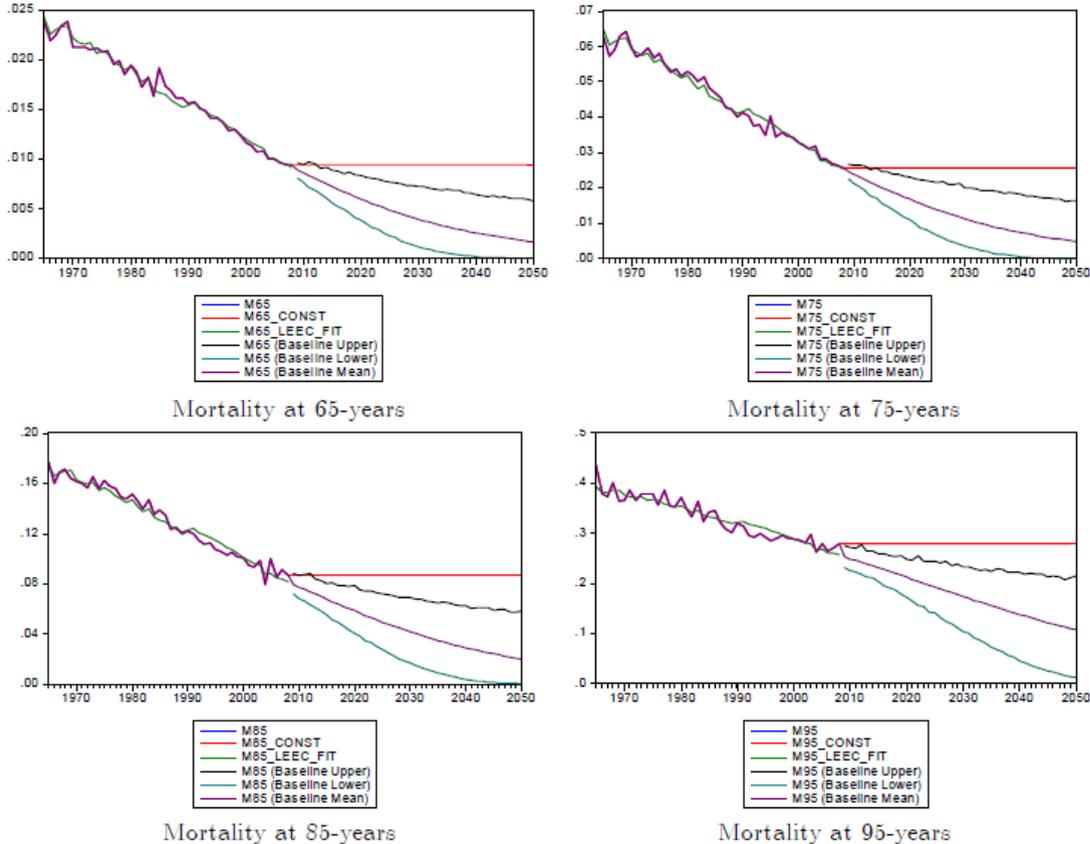


Figura 6: Proyección de Mortalidad italiana 2009-2050 (Bisetti and Favero, 2012)

Continuando con la argumentación de Bisetti y Favero (2012), el segundo paso dio como resultado que la población jubilada proyectada, crece a una tasa promedio del 1,65 % anual desde el año 2012 al 2050, es decir, de un nivel inicial de alrededor de 12,5 millones de jubilados en el año 2012 se llega a 23,5 millones de jubilados en el año 2050.

Es así como otro hallazgo de los autores, interesante de señalar, es que las proyecciones basadas en tasas de mortalidad constantes en todas las edades en promedio (como lo hace un análisis de tablas de mortalidad clásica), subestimarían en promedio la población jubilada en 7,5 millones de personas, mientras que si se considerase el límite superior de la estimación de

la longevidad (intervalo de confianza), el error de predicción sería de 14 millones de jubilados (Bisetti and Favero, 2012).

Ahora bien, dado que Italia tiene un sistema de previsión social del tipo Estado de Bienestar, es que los autores representan el riesgo de longevidad como el gasto total en pensiones de vejez como porcentaje del PIB nominal (tercer paso), comparando los distintos escenarios de la dinámica de mortalidad simulados.

A continuación se detallan los resultados graficados en la figura 7, los cuales en primer lugar indican que a tasas de mortalidad constantes, la proporción de gasto en pensiones pasará de 11,70% en el año 2012 a 13,70% en el año 2040, siendo el máximo alcanzado cuando la cohorte de las persona que en el año 2012 tenían entre 35 y 50 años se jubilen (curva azul del gráfico) (Bisetti and Favero, 2012).

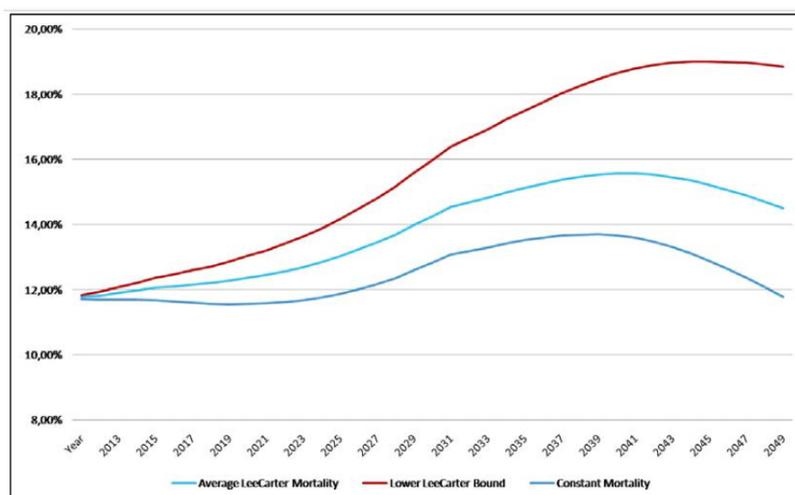


Figura 7: Pensiones de vejez, sin ajuste en la edad de jubilación (Bisetti and Favero, 2012)

Estas proyecciones de mortalidad constante son drásticamente diferentes de las que toman el patrón de mortalidad generado por el modelo estocástico Lee-Carter (mortalidad media), el cual señala que las pensiones de vejez sobre el PIB nominal alcanzarán un máximo de 15,58% a mediados de la década del año 2040 y se mantendrán muy por encima del 15% hasta el final del período (curva celeste del gráfico). No tomar en consideración las mejoras

de longevidad tiene un impacto del 2,7% del PIB en 2050 (diferencia entre curva celeste y azul del gráfico) (Bisetti and Favero, 2012).

Por último, el riesgo de longevidad se puede medir por la diferencia entre el límite superior del gasto total de la pensión de vejez (curva roja del gráfico) y su estimación media, la cual oscila entre 0,06% en 2012 y 4,35% en 2050. Esto dado que se considera el limite inferior de la estimación Lee-Carter, la que indica la existencia de una menor mortalidad que la media de la distribución, siendo éste, el escenario más crítico que se puede enfrentar (Bisetti and Favero, 2012).

Bisetti y Favero (2012) argumentan que los resultados obtenidos hasta ahora, han sido en base a simulaciones donde la edad de jubilación se ha mantenido constante en 65 años. Los autores terminan su trabajo analizando el impacto de la introducción de cambios en la edad de jubilación. En particular realizan un experimento ajustando la edad de retiro para generar un período de pensión esperado constante de 20 años a lo largo del tiempo, como en el ejemplo antes señalado (Bisetti and Favero, 2012).

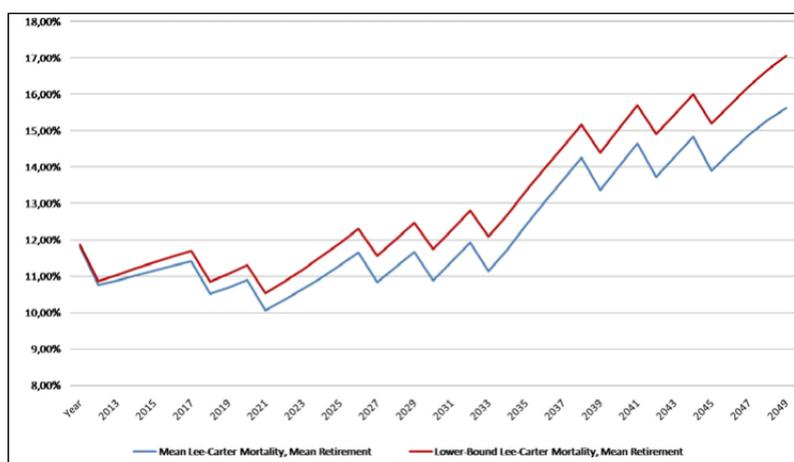


Figura 8: Pensiones de vejez, con indexación en la edad de jubilación(Bisetti and Favero, 2012)

Los resultados muestran que la indexación de la edad de jubilación tiene un impacto muy importante en el riesgo de longevidad, el que se reduce del 4% al año durante el período 2040-2050 en el escenario base, a una cifra cercana al 1% durante el mismo período en el

nuevo escenario. Lo anterior se refleja en la figura 8 que muestra como para algunos periodos el gasto en pensiones se reduce para el Estado, debido a la indexación generada. El motor de esta reducción en el impacto del riesgo de longevidad en el sistema italiano de pensiones es el aumento en la edad de jubilación esperada que aumentaría de 65 años en el año 2012 a 74 años en el año 2050 (Bisetti and Favero, 2012).

## 5.2. Aplicación del Modelo CBD

Por su parte, Blake et al. (2008) con su modelo CBD, argumentan que una forma de representar la incertidumbre (riesgo de longevidad), es a través de gráficos de abanico. Estos son tablas de densidad de probabilidad proyectada en un determinado período de pronóstico, y muestran el intervalo de confianza probable asociado a dicha distribución. Los autores exponen que dichos gráficos de abanico proporcionan un excelente marco para ilustrar no sólo el más probable de los resultados futuros, sino también el grado de incertidumbre que rodea a esas tasas de supervivencia. Los gráficos de abanico más conocidos son el Banco de gráficos de abanico inflación de Inglaterra, que se han utilizado con éxito considerable por el Banco en sus esfuerzos por promover el debate público sobre la política monetaria del Reino Unido (Blake et al., 2008).

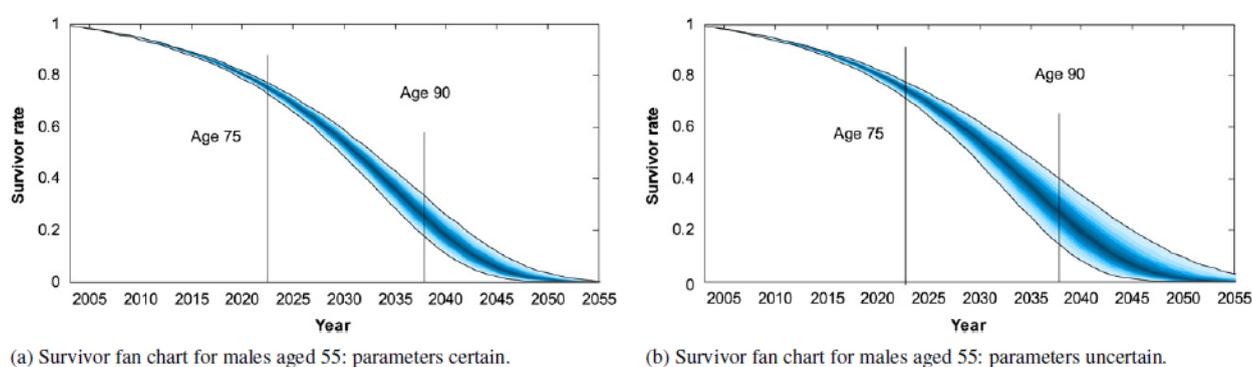


Figura 9: Gráficos de abanico, hombres de 55 años (Blake et al., 2008)

La figura 9 muestra gráficos de abanico de supervivencia para hombres de 55 años de edad, en una muestra de Inglaterra y Gales en el año 2002, ajustados por el modelo CBD.

En la parte izquierda de la figura, el modelo asume parámetros conocidos, mientras que en el lado derecho tiene en cuenta que son inciertos, tal como se explicó en el apartado anterior.

Para cada gráfico de abanico, los extremos muestran el intervalo central de 90 % de predicción en el periodo considerado. Mientras que, la marca más alta y más baja siguiente muestra los intervalos de predicción centrales de 80 %, y así sucesivamente hasta los límites más internos, los cuales muestran el centro 10 % intervalo de predicción. El sombreado también se vuelve más fuerte, mientras la predicción de intervalos se estrecha. Ambos gráficos de abanico muestran que el riesgo de longevidad (la incertidumbre de la futura supervivencia) es muy baja durante los primeros 20 años, pero aumenta notablemente después de los 75 años y alcanza un máximo para las edades de 90 años. A partir de entonces, se disminuye a medida que la cohorte se vuelve extremadamente anciana, aproximándose la tasa de supervivencia a cero.

En particular, la incertidumbre alcanza su máximo a los 93 años, es decir, la banda del intervalo de confianza es la más amplia a esta edad. La mejor estimación es que el 36 % sobrevivirá hasta los 90 años, pero podría estar entre 30 % y 41 %, esta es una gama muy grande. La figura también muestra la extensión del llamado riesgo de cola después de los 90 años de edad, y es que, existe cierta probabilidad -incluso pequeña- de que algunos miembros de esta cohorte vivan más allá de 110 (después del año 2045).

Los gráficos también muestran que la incertidumbre de los parámetros tiene un efecto relativamente pequeño (positivo) en la proyección central de la futura tasa de supervivencia, mientras que la incertidumbre tiene un efecto muy pronunciado en el ancho de los límites del gráfico. Por ejemplo, a los 90 años, el intervalo de predicción del 90 % se encuentra entre un poco menos de 0,2 y 0,35 con certidumbre de los parámetros, y si existe incertidumbre, el intervalo es de 0,15- 0,45. Por lo tanto, la proporción de hombres que sobrevivirán a finales de los 80 años y principios de los 90 años es muy incierto (Blake et al., 2008).

Las figuras 10 y 11 son gráficos de abanico equivalentes a los de la figura 9, pero esta vez

son para las cohortes de hombres de 65 y 75 años de edad en 2002, respectivamente.

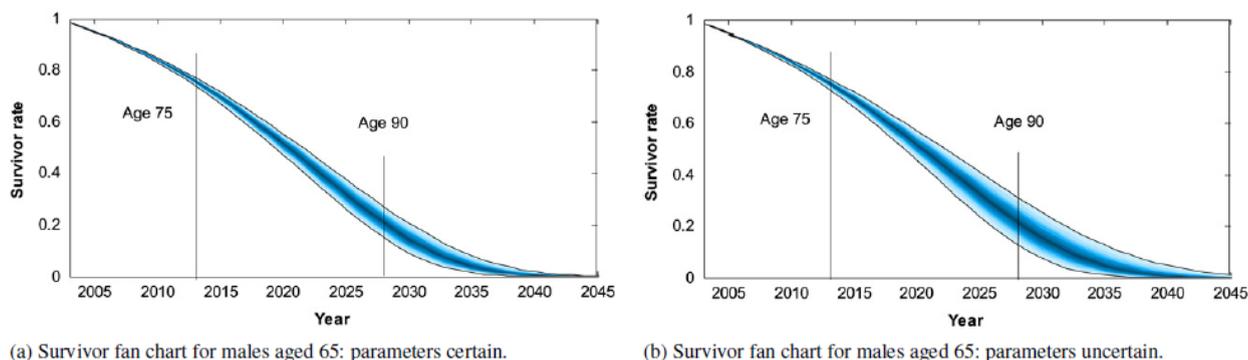


Figura 10: Gráficos de abanico, hombres de 65 años (Blake et al., 2008)

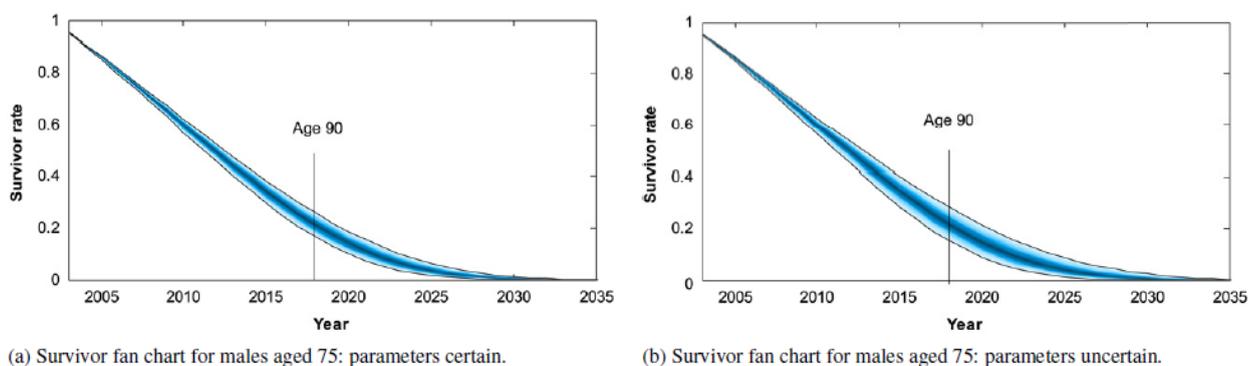


Figura 11: Gráficos de abanico, hombres de 75 años (Blake et al., 2008)

Estas figuras muestran las mismas características que los anteriores gráficos de abanico, pero también revelan que las futuras tasas de supervivencia para grupos de más edad son más inciertas que las de las cohortes más jóvenes, en igualdad de condiciones. También se confirma que la incertidumbre de los parámetros tiene un impacto muy importante en la dispersión de la estimación. Como regla empírica, teniendo en cuenta parámetros inciertos casi se duplica la dispersión de cada uno de los gráficos de abanico en los rangos de edad, implicando que existe una grave incertidumbre sobre las futuras tasas de supervivencia. Con parámetros no inciertos, por su parte, se conduce a estimaciones que son demasiado estrechas y subestiman el riesgo de longevidad (Blake et al., 2008)

### 5.3. Aplicación del Modelo Lee-Carter y CBD (Comparación)

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD), preocupada por el riesgo de longevidad, publicó en el año 2014 un informe que analiza los supuestos de mortalidad y el riesgo de longevidad subyacente en éstos.

El estudio examina quince países del mundo, dentro de ellos Chile, y en particular sus tablas de mortalidad, utilizadas típicamente por los fondos de pensiones y los proveedores de anualidades para determinar la cantidad de reservas técnicas necesarias para satisfacer los pagos futuros de pensiones y anualidades. Con ello, evalúa si las suposiciones para futuras mejoras en la mortalidad y la esperanza de vida incluidas en las tablas estándar de mortalidad, son suficientes para explicar el aumento en la longevidad de los pensionados. Para esto, se comparan las tablas de mortalidad de estos países con cuatro modelos de proyección de mortalidad, a saber, el modelo Lee-Carter, Cairns-Blake-Dowd, P-Splines y CMI, siendo los dos primeros los analizados en este trabajo.

En su apartado de riesgo de longevidad, para el caso particular de Chile OECD (2014) parte su análisis, con las trayectorias de la esperanza de vida de hombres y mujeres a los 65 años, desde los años 1992 hasta el año 2005, usando datos del ‘Human Mortality Database’.

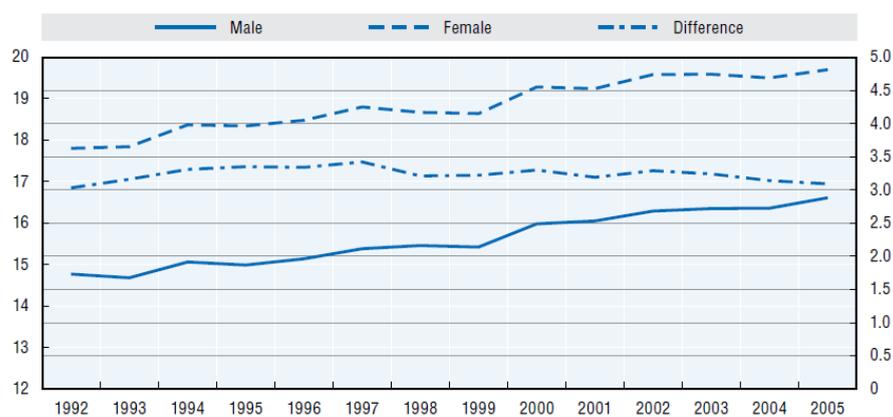


Figura 12: Esperanza de vida a los 65 años en Chile (OECD, 2014)

La figura 12 muestra que la esperanza de vida para cada sexo, parece haber aumentado en

promedio, a una tasa constante durante los años contemplados. Mientras que, la diferencia en la esperanza de vida entre hombres y mujeres, se ha mantenido relativamente constante alrededor de 3 años (eje derecho del gráfico).

La OECD (2014) compara las proyecciones de sus cuatro modelos, con las tablas de mortalidad que existían para el año en que se elaboró el informe. Tal como se mencionó en el apartado de ‘Tablas de Mortalidad’, la RV-2009 fue modificada recientemente por la autoridad chilena, sin embargo, el ejercicio realizado por el organismo internacional, es una buena medida de como dichas tablas van quedando atrás con respecto a las mejoras de mortalidad.

Las mejoras de mortalidad para ambos sexos, han permanecido similares en promedio durante todo el período de observación para las edades de hasta 90 años, superando a las cifras asumidas por la tabla RV-2009, siendo las mujeres las que mayormente experimentan dichas mejoras. En general, todos los modelos de proyección muestran estimaciones similares de mejoras futuras, más o menos en línea con la experiencia observada en el trabajo realizado por el organismo internacional (OECD, 2014).

Un análisis interesante que hace OECD (2014), es simular un posible déficit de las reservas técnicas de los proveedores de anualidades, utilizando los datos de la tabla RV-2009 para pensionados en Chile. Los autores muestran el cambio en el valor del pasivo basado en los valores de anualidad para la tabla de mortalidad estándar y los resultados de los cuatro modelos realizados. Todos los modelos predicen un déficit en las provisiones actuales para la longevidad en alrededor de 4-6 % para los hombres y 3-5 % para las mujeres. Los resultados de los cuatro modelos de proyección convergen razonablemente bien para las mujeres, aunque hay más divergencia para los hombres (OECD, 2014).

Los resultados de dichas simulaciones se presentan a continuación en la figura 13.

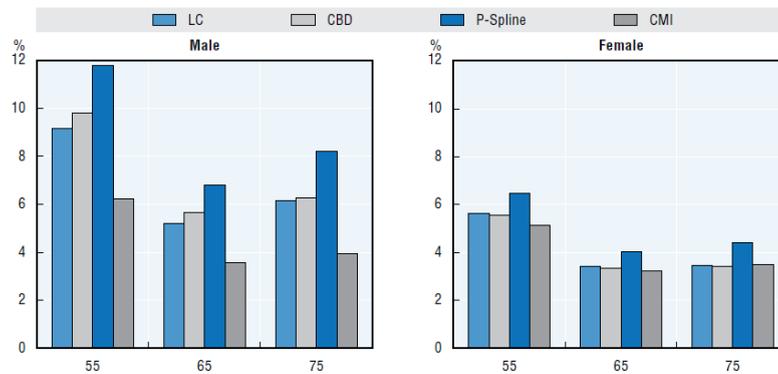


Figura 13: Déficit de Reserva Técnica usando tabla RV-2009 para pensionados en Chile (OECD, 2014)

## 6. Propuestas de Soluciones al Problema Riesgo de Longevidad

Según el Informe sobre la estabilidad financiera mundial (GFSR por sus siglas en inglés), para neutralizar los efectos financieros del riesgo de longevidad, es necesario combinar aumentos de la edad de jubilación (obligatoria o voluntaria) y de las contribuciones a los planes de jubilación (cotizaciones), con recortes de las prestaciones futuras. Los gobiernos deben reconocer que se encuentran expuestos al riesgo de longevidad, y deben adoptar métodos para compartir mejor el riesgo con los organizadores de los planes de pensiones, junto con promover el crecimiento de mercados para la transferencia del riesgo de longevidad, y divulgar mayor información sobre la longevidad y la preparación financiera para la jubilación (Oppers et al., 2012).

En base a lo anterior, se pasa a discutir dos propuestas para solucionar el riesgo de longevidad. La primera en base los trabajos de Blake et al. (2014) que analizan la emisión de bonos de longevidad por parte de la autoridad. La segunda propuesta realizada por Larraín (2014), se enfoca en la instauración de una cuarta edad en el sistema de jubilación.

## 6.1. Bonos de Longevidad

Una innovación relacionada con el mercado de capitales, es el bono de longevidad, que proporciona a las oficinas de vida y planes de pensiones un instrumento para cubrir los riesgos de longevidad, que enfrentan a largo plazo.

Los bonos de longevidad son bonos de anualidad, cuyos cupones no se fijan con el tiempo, sino que se determinan en base a un determinado índice de supervivencia (creado en base a una población nacional). Dichos bonos de longevidad, no tienen reembolso de capital y están diseñados para cubrir el riesgo de longevidad sistemático (también conocido como agregado o tendencia).

El índice de supervivencia se basa en la cantidad de población que está viva con cierta edad (65 años por ejemplo) en la fecha de emisión del bono. Cada año los pagos de cupones recibidos por las compañías de seguros (rentas vitalicias) o plan de pensiones (retiro programado) disminuyen por el porcentaje de la población que ha muerto ese año. En este ejemplo, si después del primer año, el 1,5 % de la población de los que ahora tienen 66 años de edad han muerto, entonces el cupón pagadero al final de ese primer año caerá al 98,5 % de la tasa nominal del cupón. Esto es exactamente lo que quiere la compañía de seguros de vida o plan de pensiones, ya que el 98,5 % de sus propios rentistas de 66 años (suponiendo que estos son representativos de la población de referencia) estarán vivos después de un año, por lo que su pago se ve disminuido (Blake et al., 2006).

Por otro lado, los pagos de cupones no se hacen para las edades donde el riesgo de longevidad es bajo. En efecto, el pago del primer cupón podría no ser hasta que la cohorte cumpla los 75 años de edad, es decir 10 años después de la emisión (bono de longevidad diferido). Los pagos de cupones continúan hasta la fecha de vencimiento del bono, que es un número determinado de años después de la fecha de emisión del bono. El último cupón, incorpora un pago final igual al valor descontado de la suma de las tasas de supervivencia posteriores a la edad que tendría la cohorte al vencimiento del bono. El pago final se calcula

en la fecha de vencimiento del bono y dependerá del número de personas de la cohorte que todavía están vivos en ese momento y proyecciones de su supervivencia restante, evitando el pago a edades muy avanzadas (Blake et al., 2014).

La figura 14 muestra el posible rango de pagos de cupones sobre un bono de longevidad diferido basado en la población nacional de varones ingleses y galeses que tenían 65 años a fines de 2006 y cuyo vencimiento es cuando dicha cohorte cumple la edad de 105 años (basado en el mismo ejemplo de la sección anterior).

Si la supervivencia de la población es mayor en cada edad de lo esperado, el bono paga cupones más altos, situación con la que las compañías de seguros compensan para igualar las pensiones más altas de lo esperado. Por otro lado, si la supervivencia es menor a cada edad de la que se esperaba, el bono paga los cupones más bajos, sin embargo, es poco probable que los planes de pensiones y los proveedores de rentas vitalicias se hagan cargo de esto, ya que sus pensiones y pagos de anualidades también serán menores (Blake et al., 2014).

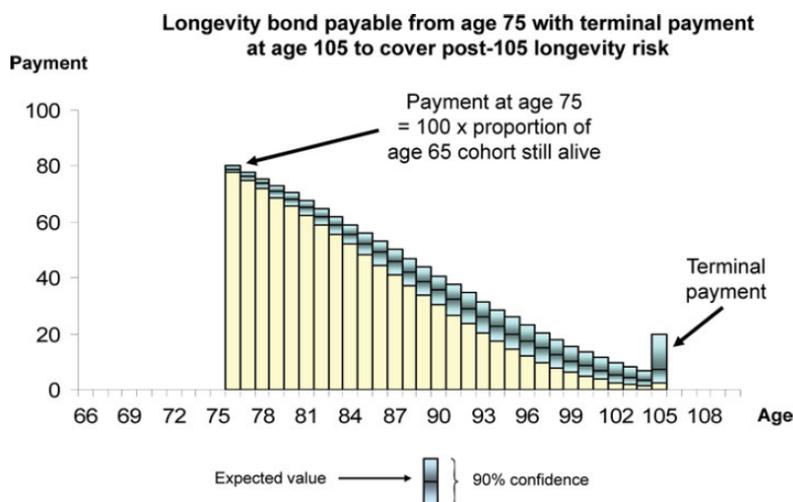


Figura 14: Rango Pago de Cupones Bono de Longevidad (Blake et al., 2014)

Blake et al. (2014) argumentan que los bonos de longevidad deben ser emitidos por el gobierno, y que estos permitirían compartir el riesgo de longevidad de manera eficiente y equitativa entre las generaciones, es decir, a cambio de pagar una prima por riesgo de longevidad, la generación actual de jubilados puede mirar a las generaciones futuras para

cubrir su riesgo sistemático de longevidad (Blake et al., 2014).

En su artículo, Blake et al. (2014) dan las razones por las cuales estos bonos deben ser emitidos por el Estado y no por un particular. Los autores parten argumentando que en principio, los bonos de longevidad podrían ser emitidos por organizaciones del sector privado, por ejemplo las compañías farmacéuticas serían emisores naturales, porque sus ingresos están correlacionados positivamente con la supervivencia, cuanto más tiempo vivan las personas, más gastarán en medicinas. Aunque esto es cierto, la escala de la demanda de bonos de longevidad excede con mucho el suministro concebible del sector privado de empresas como los farmacéuticos. Además, existiría un riesgo de crédito significativo asociado con la emisión por parte del sector privado de un instrumento destinado a cubrir un riesgo sistemático durante muchos años en el futuro.

Un componente clave del éxito del nuevo mercado de capitales es la publicación oportuna de índices de longevidad precisos e independientemente calculados. Los índices de longevidad deben contemplar las tasas de mortalidad, las tasas de supervivencia y la esperanza de vida de hombres y mujeres. Blake et al. (2014) siguen en su argumentación diciendo que el Estado puede ayudar con la construcción de índices nacionales de longevidad, y que por razones de precisión, dichos índices deben basarse en datos nacionales de mortalidad, es por ello, que sólo el Estado puede adjudicarse la elaboración de estos indicadores, dado que solo este, tiene acceso a la información necesaria para producirlos.

Por otro lado, el Estado puede hacer una importante contribución mediante la emisión de bonos de longevidad para facilitar el descubrimiento de precios, fomentando así el desarrollo del mercado de capitales. El riesgo de longevidad no se negocia actualmente en los mercados de capitales, por lo que no existe una buena estimación de su precio de mercado o prima, pero si el gobierno emite un pequeño número de bonos de longevidad, esto ayudaría a establecer y mantener el mercado, compensando los puntos de precio por el riesgo de longevidad en edades clave y fechas futuras, estableciendo un precio de mercado para el riesgo de longevidad. En otras palabras, los bonos ayudarían a establecer la estructura a plazo sin riesgo de las tasas

de supervivencia para las edades por encima de los 65 años. Existe una clara analogía con los mercados de bonos de renta fija e indexados (TIPS en Estados Unidos). En estos mercados, la emisión de bonos públicos ayudó a establecer las estructuras a plazo sin riesgo para las tasas de interés y las expectativas de la tasa de inflación, respectivamente, para plazos de hasta 50 años o más.

Por último, es el Estado la única agencia en la sociedad que puede participar en el intercambio de riesgos entre generaciones a gran escala y hacer cumplir los contratos intergeneracionales. Esto es importante, dado que el riesgo de longevidad es un riesgo que atraviesa varias generaciones (Blake et al., 2014).

## **6.2. Modelo de la Cuarta Edad**

Larraín, Ballesteros y García (2017), tienen el objetivo de que el financiamiento de las pensiones de vejez cambie de naturaleza en función de la probabilidad de supervivencia del individuo, dado que en la actualidad, el sistema de pensiones chileno no maneja adecuadamente el aumento de la longevidad. El mecanismo actual, concentra en el nivel de la pensión la principal variable de ajuste ante este fenómeno, generando en este proceso una reducción en el monto de la pensión de los individuos. Tampoco considera que el periodo post-retiro no es un evento homogéneo, sino que al menos se pueden identificar dos etapas con características diferentes que requieren herramientas distintas para asegurar ingresos en cada una de ellas.

Es por lo anterior, que los autores proponen separar el periodo de jubilación en dos fases, cuya principal distinción refiere a la probabilidad de supervivencia y la capacidad física de trabajo de los individuos. La primera etapa de jubilación denominada “tercera edad”, se financia con el monto ahorrado en la cuenta individual del jubilado, pues la probabilidad de supervivencia es muy alta. Mientras que la segunda etapa de jubilación llamada la “cuarta edad” se financia con un sistema de seguro, pues la certeza de estar vivo disminuye. Esta

modalidad de seguro puede ser pública o privada, siendo los casos analizados, un sistema de reparto del tipo “pay-as-you-go”, “fondo para la cuarta edad” y la modalidad de “compañías de seguros” (Larraín et al., 2017).

Además, la propuesta considera que la edad de separación entre la tercera y la cuarta edad, sea la edad de jubilación legal de la persona, y su finalización sea la expectativa de vida a dicha edad. De esta manera no se fija el valor en un número determinado, sino más bien en un concepto, es decir, dicha edad evoluciona con la propia longevidad, lo cual hace más flexible la propuesta ante cambios demográficos importantes (Larraín et al., 2017).

La figura 15 muestra un esquema que incluye el actual sistema de jubilación en Chile para un hombre y como sería implementando la propuesta de un sistema de jubilación con una cuarta edad, donde ‘EC’ es la esperanza de vida al jubilar.

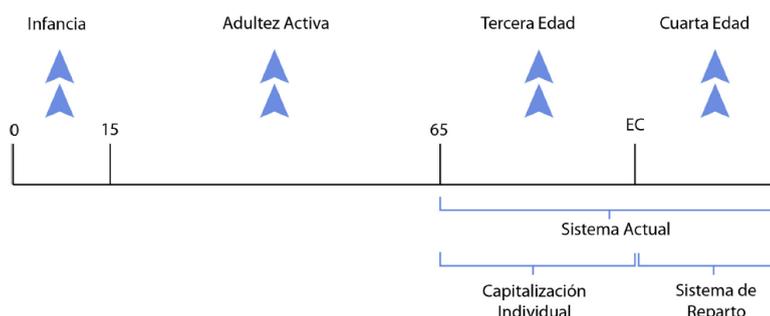


Figura 15: Sistema 4ta edad para hombres (García, 2015)

Las pensiones que se generen en la tercera edad serían mayores a las otorgadas por el sistema actual en cualquier escenario de ahorro, dado que en lugar de financiar la jubilación de la persona hasta que ésta fallezca, sólo lo haría hasta que la persona llegue a la expectativa de vida de la edad legal de jubilación (comienzo de la cuarta edad) (Larraín et al., 2017). Con ello, los autores también proponen que el monto de pensión obtenido en la tercera edad se mantenga para el periodo de la cuarta edad, con el objetivo de suavizar el consumo durante toda la vida post-retiro (Larraín et al., 2017).

La situación anteriormente expuesta, en principio podría generar una regresividad en el sistema, dado que las personas de mayores ingresos viven más que las de menores ingresos (Waldron, 2007; Whitehouse y Zaidi, 2008, citado por Larraín et al., 2017), pero los autores esgrimen que la densidad de cotizaciones de los sectores de altos ingresos es varias veces superior a la de los trabajadores de ingresos más bajos. De esta manera, si bien es posible que el uso del seguro de longevidad sea inicialmente al menos más intenso por parte de los sectores de rentas altas, también serán ellos los que más contribuyen a financiarlo. Por otra parte, Larraín et al. (2017) señalan que es posible introducir modificaciones paramétricas que permitan que la recaudación sea aún más progresiva de manera de equilibrar el sistema, como un mecanismo similar al utilizado para calcular el impuesto a la renta, con todas las bondades de un impuesto de este tipo (Larraín et al., 2017).

Por su parte García (2015), argumenta que gracias a la introducción de un sistema de cuarta edad para financiar pensiones, es posible separar dos instrumentos de política pública para la consecución de dos objetivos distintos, el ahorro forzado para la suavización del consumo de los individuos que están en la tercera edad, y la mutualización del riesgo de longevidad para quienes alcanzan la cuarta edad (García, 2015).

Bajo la propuesta de Larraín et al. (2017), el seguro que financia la cuarta edad tiene un carácter “social”, en la medida que las primas son pagadas por los trabajadores activos, los cuales financian las pensiones del conjunto de individuos en la cuarta edad. Esto es un procedimiento explícito de transferencia intergeneracional de riesgos, siendo este un mecanismo alternativo de ajuste frente al shock de longevidad, aunque trayendo aparejado el dilema del posible aumento de las primas pagadas por los trabajadores activos, si es que no se cuenta con los fondos necesarios para financiar las pensiones, u optar por bajar el nivel de la pensión prometida a los jubilados, existiendo un trade-off en esta decisión (Larraín et al., 2017).

Los autores argumentan que un seguro social, en contra posición a un seguro individual, es beneficioso desde el punto de vista de la economía, ya que bajo un contexto en el cual el Estado requerirá mayor información sobre la población anciana, el que sea una compañía

de seguros estatal la que maneje esta información inherente al pago de pensiones, facilita el acceso a dicha información a otros organismos del Estado para la creación de políticas públicas (Larraín et al., 2017).

Por último, Larraín et al. (2017) argumentan que la implementación de un sistema de reparto conlleva una transferencia a la primera generación que recibe beneficios sin haber contribuido en el origen. Sin embargo, la generación que recibiría esta transferencia es la ‘generación del sacrificio’, pues se sometió a una serie de reformas estructurales que si bien generaron una importante dinámica de crecimiento económico de la que se benefició el país entero, tuvo un impacto negativo, significativo y persistente en la empleabilidad de los trabajadores de dicha generación (Larraín et al., 2017). Sin considerar que esta generación fue la misma que tuvo que soportar tres crisis económicas de envergadura, como lo fueron la crisis de 1982, la crisis de 1997, y la crisis de 2008, lo cual afectó directamente a sus fondos de ahorro previsional.

En base a todo lo anterior, los resultados de Larraín et al. (2017) indican que su propuesta resulta en un incremento de las pensiones entre un 20 % y 24 % para lo cual la prima necesaria sería del orden de 3 a 4 % del salario. Específicamente, sus resultados indican que para mujeres el aumento en promedio de la pensión oscila entre un 5,9 % en el caso de una mujer soltera con renta vitalicia con aporte del 20 % a cargo de la compañía de seguros privada y un 16,9 % en el caso de una mujer casada con retiro programado. En el caso de los hombres, el aumento oscila entre un 10,3 % para uno soltero con renta vitalicia con aporte del 20 % a cargo de la compañía de seguros privada y un 32,7 % para uno casado con retiro programado.

## 7. Conclusiones

El límite de la longevidad humana todavía es tema de discusión tanto en el ámbito científico, como en el de política pública. Todavía no es claro si existe una barrera biológica para la existencia del ser humano, o si ésta puede prolongarse indefinidamente. Lo anterior tiene importantes consecuencias en la economía de los países, en particular en las instituciones que se encargan de la mantención (directa o indirectamente) de los adultos mayores, tales como, centros de salud, el mercado del trabajo, la familia, las compañías de pago de anualidades y el Estado que se encarga del pago de pensiones de carácter vitalicio, como la Pensión Básica Solidaria y el Aporte Previsional Solidario en el caso de Chile.

Durante la historia, se ha tratado de predecir más de una vez el límite de la existencia humana, sin tener éxito en esta tarea. Todo esto puede graficarse como una situación donde la mayoría de las personas van alcanzando la esperanza de vida, pero también dicho valor se va alejando dinámicamente del punto inicial. Esto presenta complicaciones al momento de hacer estimación de longevidad de la población y puede ser entendido para efectos del sistema de pensiones como un doble riesgo. Por un lado, está el riesgo de que mayor cantidad de personas en promedio alcancen la esperanza de vida, y, por otro lado, está el riesgo de que dicha esperanza de vida sea cada vez mayor.

La subida lineal de la esperanza de vida récord sugiere que las reducciones en la mortalidad no deben ser vistas como una secuencia desconectada de revoluciones irrepetibles sino como un flujo regular de progreso continuo. Las mejoras en la mortalidad resultan de la intrincada interacción de los avances en ingresos, salubridad, nutrición, educación, saneamiento y medicina, variando por edad, período, cohorte, lugar y enfermedades (Oeppen and Vaupel, 2002).

Si bien los países han aumentado los recursos invertidos en la disminución de la mortalidad, estos recursos presentan una efectividad marginal decreciente con el paso del tiempo, debido al aumento en la complejidad de las causas de muerte. Pese a lo anterior, se debe

tener presente que a nivel de sistema de pensiones cambios en un año de esperanza de vida (aumento marginal) pueden generar el colapso del sistema.

Es así, que la longevidad puede afectar al sistema de pensiones de diferentes maneras, por ejemplo, si se trata de un sistema de reparto, genera presiones fiscales, lo cual puede afectar el sano manejo de la economía por parte de la autoridad. Por otra parte, si se trata de un sistema de capitalización individual (como el caso chileno), genera dos problemas. Por un lado, bajas pensiones para los afiliados (en el caso de retiro programado), y por otro, una presión (riesgo de quiebra) para el caso de las compañías aseguradoras que pagan las rentas vitalicias. Cuestión que es grave en la medida que el mecanismo de aseguramiento, implica que el asegurado ya no es dueño de su capital (ahorro proveniente de su cuenta individual), sino que es dueño de la promesa de pagos futuros por parte de la compañía, y si dicha empresa quiebra miles de personas perderán sus ahorros previsionales.

Lo anterior se torna relevante, en la medida que estudios muestran que Chile converge a niveles de esperanza de vida de países desarrollados, como Estados Unidos, Noruega, Japón, Nueva Zelanda, sin tener los estándares de bienestar social y de desarrollo de dichas naciones, y por lo tanto, debe tomar los resguardos necesarios para evitar consecuencias negativas en su economía y en el bienestar de la población (Oeppen and Vaupel, 2002).

Por otro lado, habiendo revisado los tres tipos de riesgo de longevidad existentes, a saber, Riesgo de Modelo, Riesgo Idiosincrático, y el Riesgo de Tendencia o Sistémico, es posible señalar que éste último, se posiciona como el más complejo de solucionar, dado que no es posible de administrar a través de la diversificación local o internacional, y está afectado por aumentos inesperados en la expectativa de vida a partir de los progresos sociales.

Sumado a la anterior discusión conceptual y de estimación de las limitaciones de la longevidad humana, se tiene la problemática producida por las actuales tablas de mortalidad usadas tanto por los organismos reguladores, como por las compañías privadas. Pues estos instrumentos de medición de probabilidad de sobrevivencia o de muerte de la población en

función de su edad, no están dando cuenta de la característica estocástica de la mortalidad, dejando expuestas a las compañías a gran probabilidad de quiebra, o generando un impacto a la baja en los montos de las pensiones ofrecidas a los afiliados.

Es por ello, que se han propuesto variados enfoques para modelar la aleatoriedad en las tasas de mortalidad agregada a través del tiempo. Por un lado, están aquellos que utilizan una temporalidad discreta, como Lee y Carter (1992) y autores posteriores que adaptan modelos de series de tiempo (discreto) para capturar el elemento aleatorio en el desarrollo estocástico de las tasas de mortalidad.

Mientras que otros autores han desarrollado modelos en un marco de tiempo continuo, los cuales son un aporte, en la medida que incorporan mayor y más detallada información, pudiendo capturar de mejor manera las estacionalidades. Sin embargo, este tipo de modelos, no han presentado un buen ajuste al hacer predicciones con los datos existentes, por lo cual necesitan un mayor desarrollo para poder implementarlos de manera práctica.

Pese a las actuales limitantes de los modelos de mortalidad de tiempo discreto, estos siguen siendo un aporte en contraposición con las tablas de mortalidad, y es por ello que deben ser incorporados en la política pública dada su capacidad de dar cuenta del riesgo de cola existente en la longevidad humana.

Varios países han tomado medida con respecto al problema del riesgo de longevidad, que afecta a sus sistemas previsionales. Es así como Italia por ejemplo, se deshizo del riesgo de longevidad, indexando automáticamente la edad de jubilación a la vida residual esperada al momento del retiro. Esto, implica generar un periodo de pensión constante, pero flexible a cambios en la mortalidad de la población. Usando un modelo de mortalidad Lee-Carter, los autores Bisetti y Favero (2012), encontraron que esta medida tenía un impacto importante en el riesgo de longevidad, reduciendo la carga en gasto de pensiones por parte del Estado italiano de un 4% al año durante el periodo 2040-2050 en el escenario base, a una cifra cercana al 1% durante el mismo periodo en el nuevo escenario.

Por su parte, Blake et al. (2008) usando otra metodología estiman el riesgo de longevidad para Inglaterra y Gales, encontrando que éste es muy bajo durante los primeros 20 años, pero aumenta notablemente después de los 75 años y alcanza un máximo para las edades de 90 años. A partir de entonces, se disminuye a medida que la cohorte se vuelve extremadamente anciana, aproximándose la tasa de supervivencia a cero.

Luego de haber revisado el modelo de Blake et al. (2008) se plantea para futuras investigaciones replicar el modelo de los autores para el caso chileno, pudiendo estimar de esta manera un precio actuarialmente justo de las rentas vitalicias (usando el promedio del ancho de banda del gráfico de abanico) y realizar una comparación con los precios actualmente ofrecidos por las compañías de seguros de vida, para de esta manera observar si dichas compañías internalizan el riesgo de longevidad de manera correcta o lo sobre estiman, cuestión que afecta el monto final de la pensión de sus afiliados.

Otro aporte es el realizado por el estudio de la OECD (2014), que simula un posible déficit de las reservas técnicas de los proveedores de anualidades, utilizando los datos de la tabla RV-2009 para pensionados en Chile, cuantificando esta situación de carencia de provisiones actuales para la longevidad, en alrededor de 4-6 % para los hombres y 3-5 % para las mujeres. En base a esto se propone para futuras investigaciones actualizar el ejercicio de la OECD para las tablas de mortalidad actuales, a saber las descritas en el apartado de Tablas de Mortalidad.

Por último, respecto de las propuestas para solucionar el riesgo de longevidad tratado en este informe, es necesario destacar que los gobiernos deben reconocer que se encuentran expuestos a dicho riesgo, y deben adoptar métodos para compartirlo con los organizadores de los planes de pensiones, junto con promover el crecimiento de mercados para la transferencia del riesgo de longevidad, y divulgar mayor información sobre la longevidad y la preparación financiera para la jubilación (Oppers et al., 2012).

Es por esto, que la primera propuesta de solución tratada en este trabajo, a saber, Bonos de Longevidad, tiene un papel potencialmente importante en la cobertura del riesgo sistémico de longevidad, requiriéndose que los gobiernos de los países con importantes fondos de pensiones del sector privado establezcan un grupo de trabajo para llevar a cabo un análisis coste-emisión de bonos de longevidad para ayudar a administrar la exposición al riesgo de longevidad asociada. Considerando además aspectos tales como los beneficios que se acumularían, la escala del riesgo de longevidad que los gobiernos asumirían y las medidas a tomar para mitigar este riesgo. Por último, se debe trabajar a través de los aspectos prácticos de la emisión de bonos de longevidad, incluyendo la construcción de índices de longevidad de referencia, demanda potencial, precios, liquidez e impuestos (Blake et al., 2014).

En la actualidad, el sistema de pensiones chileno no maneja adecuadamente el aumento de la longevidad, pues concentra en el nivel de la pensión la principal variable de ajuste ante este fenómeno, generando en este proceso una reducción en el monto de la pensión de los individuos. Tampoco considera que el periodo post-retiro no es un evento homogéneo, sino que al menos se pueden identificar dos etapas con características diferentes que requieren herramientas distintas para asegurar ingresos en cada una de ellas.

Es así, que la segunda propuesta de solución tratada en este seminario, a saber, el Modelo de la Cuarta Edad, distingue dos etapas en el retiro de las personas. La primera etapa de jubilación denominada “tercera edad”, se financia con el monto ahorrado en la cuenta individual del jubilado, pues la probabilidad de sobrevivencia es muy alta. Mientras que la segunda etapa de jubilación llamada la “cuarta edad” se financia con un sistema de seguro, pues la certeza de estar vivo disminuye (Larraín et al., 2017). De esta manera, es posible separar dos instrumentos de política pública para la consecución de dos objetivos distintos, el ahorro forzado para la suavización del consumo de los individuos que están en la tercera edad, y la mutualización del riesgo de longevidad para quienes alcanzan la cuarta edad (García, 2015).

De esta manera no se fija el valor en un número determinado, sino más bien en un concepto, es decir, dicha edad evoluciona con la propia longevidad, lo cual hace más flexible la propuesta ante cambios demográficos importantes. Con ello el carácter social del seguro que financia la cuarta edad propuesta por los autores, imprime un carácter de solidaridad intergeneracional, en la medida que las primas son pagadas por los trabajadores activos, los cuales financian las pensiones del conjunto de individuos en la cuarta edad. Además, el que sea una compañía de seguros estatal la que maneje esta información inherente al pago de pensiones, facilita el acceso a dicha información a otros organismos del Estado para la creación de políticas públicas referente a la población en edades avanzadas (Larraín et al., 2017).

## Referencias

- Albarrán, I., Ariza, F., Cóbreces, V., Durbán, M., and Rodríguez, J. (2014). El riesgo de longevidad y su aplicación práctica a Solvencia II, Modelos actuariales avanzados para su gestión. Fundación MAPFRE.
- Bisetti, E. and Favero, C. (2012). *Measuring the Impact of Longevity Risk on Pension Systems: The Case of Italy*. Innocenzo Gasparini Institute for Economic Research. Working Paper n. 439.
- Blake, D., Boardman, T., and Cairns, A. (2014). Sharing longevity risk: Why governments should issue longevity bonds. *North American Actuarial Journal*, 18:258–277.
- Blake, D., Cairns, A., and Dowd, K. (2006). A two-factor model for stochastic mortality with parameter uncertainty: Theory and calibration. *The Journal of Risk and Insurance*, 73:687–718.
- Blake, D., Cairns, A., and Dowd, K. (2008). Longevity risk and the grim reaper’s toxic tail: The survivor fan charts. *Insurance: Mathematics and Economics*, 42:1062–1066.
- CEPAL-CELADE (2005). *Dinámica Demográfica y Desarrollo en América Latina y el Caribe*. CEPAL-CELADE. Cap. I Transición Demográfica y Cap. IV Envejecimiento.
- García, S. (2015). Sustentabilidad de un sistema de reparto para la cuarta edad. Master’s thesis, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.
- INE (2016). [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/familias/demograficas\\_vitales.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/demograficas_vitales.php), Recuperado el 10 de Enero de 2017.
- Larraín, G., Ballesteros, S., and García, S. (2017). Longevidad y Pensiones: Una Propuesta de Seguro para la Cuarta Edad. Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.
- Lee, R. and Carter, L. (1992). Modeling and forecasting U.S. mortality. *Journal of the American Statistical Association*, 87:659–671.

- Mastrangelo, J. (2013). Riesgo de longevidad perspectiva del regulador del mercado de rentas vitalicias. *Santiago: SVS*.
- MINSAL (2016). [http://deis.minsal.cl/deis/ev/esperanza\\_de\\_vida/index.asp](http://deis.minsal.cl/deis/ev/esperanza_de_vida/index.asp), Recuperado el 28 de Septiembre de 2016.
- Ochoa, C. (2015). El modelo Lee-Carter para estimar y pronosticar mortalidad: Una aplicación para Colombia. Master's thesis, Facultad de Ciencias, Escuela de Estadística, Universidad Nacional de Colombia.
- OECD (2014). *Mortality Assumptions and Longevity Risk: Implications for pension funds and annuity providers*. OECD Publishing.
- Oeppen, J. and Vaupel, J. (2002). Broken limits to life expectancy. *Science*, 296:1029–1031.
- Olshansky, S., Carnes, B., and Brody, C. (1990). In search of methuselah: Estimating the upper limits to human longevity. *Science*, 250:634–645.
- Olshansky, S., Carnes, B., and Désesquelles, A. (2001). Prospects for human longevity. *Science*, 291:1491–1498.
- Oppers, S., Chikada, K., Eich, F., Imam, P., Kiff, J., Kissler, M., Soto, M., and Sun, T. (2012). *El Impacto Financiero Del Riesgo De Longevidad (GFSR)*. International Monetary Fund.
- SVS and SP (2015). Fija tablas de mortalidad CB-H-2014 (hombres), Mt-H-2014 (hombres), RV-M-2014 (mujeres), B-M-2014 (mujeres), y Mt-M-2014 (mujeres).
- Tuljapurkar, S. (2015). Future mortality: A bumpy road to shangri-la? *Science of Aging Knowledge Environment*, 14.
- Tuljapurkar, S., Li, N., and Boe, C. (2000). A universal pattern of mortality decline in the G7 countries. *Nature*, 405:789–792.

United Nations (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Working Paper No. ESA/P/WP.241.

Vaupel, J., Carey, J., Christensen, K., Johnson, T., Yashin, A., Holm, V., Iachine, I., Kanisto, V., Khazaeli, A., Liedo, P., Longo, V., Zeng, Y., Manton, K., and Curtsinger, J. (1998). Biodemographic trajectories of longevity. *Science*, page 855–860.