

REVERSE MORTGAGE: IMPACT OF LONGEVITY RISK IN THE SPANISH CASE

HIPOTECA INVERSA: IMPACTO DEL RIESGO DE LONGEVIDAD EN EL CASO ESPAÑOL

D. Atance¹, A. Debón², I. de la Fuente^{1*}

¹ Departamento de Economía y Dirección de Empresas, Universidad de Alcalá, Plaza de la Victoria S/N, Alcalá de Henares, Madrid, España.

² Centro de Gestión de la Calidad y del Cambio Universitat Politècnica de Valencia, Camino de Vera, s/n 46022 Valencia, Valencia, España

Fecha de recepción: 10/07/2021

Fecha de aceptación: 07/10/2021

Abstract

The demographic perspective in Spain highlights the need to incorporate new alternatives that allow the sustainability of the welfare state. Clearly, one of the main solutions will be the reverse mortgage, which allows the important real estate savings of the elderly to be released and to procure income complementary to public pensions. This article analyzes, from the point of view of longevity risk, the impact between the use of sex distinct mortality tables or unisex tables, showing the importance of global portfolio management by the bank.

Keywords: Reverse Mortgage, Lump Sum, Mortality Modelling and Forecasting, Gender Equality, Longevity Risk.

Resumen

La perspectiva demográfica en España pone de manifiesto la necesidad de incorporar nuevas alternativas que permitan la sostenibilidad del estado de bienestar. Claramente, una de las principales soluciones será la hipoteca inversa, que permite hacer líquido el importante ahorro inmobiliario de los mayores y, así, procurar ingresos complementarios a las pensiones públicas. El presente artículo analiza, desde el punto de vista del riesgo de longevidad, el impacto entre la

*Autor para correspondencia: ivan.fuente@uah.es.

utilización de tablas de mortalidad diferenciadas o tablas conjuntas, poniéndose de manifiesto la importancia de la gestión global de la cartera por parte de la entidad financiera.

Palabras clave: Hipoteca Inversa, pago único, modelización y predicción de la mortalidad, igualdad de género, riesgo de longevidad.

1. Introducción

A comienzos de 2021 en España había 9.371.743 personas residentes mayores de 65 años (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2021b), lo que supone un 19.7 % de la población total. No obstante, la proporción de personas mayores residentes tenderá a crecer en los próximos años hasta alcanzar el 31.4 % de la población en 2050. Así pues, con el retiro de los baby-boomers, la baja fertilidad y el incremento de la proporción de personas mayores de 65 años, el sistema nacional de Seguridad Social se enfrentará a una población cada vez más envejecida y a significativos desequilibrios futuros (Alai et al., 2014). Además, según señala Eurostat (2019) en 2016 el porcentaje que representaba a nivel europeo la pensión respecto al último salario o tasa de reemplazo era del 79% y pasará al 49% en 2050. A este hecho se le suma que, según la encuesta de condiciones de vida (Instituto Nacional de Estadística INE, 2021a), el 89,8 % de los residentes en España mayores de 65 años viven en viviendas de su propiedad.

Las pensiones privadas y la posesión de una vivienda en propiedad son los dos principales activos que las personas mayores pueden utilizar para financiar sus necesidades económicas y asistenciales, así como para mantener su nivel de bienestar previo a la jubilación. Por ello, las hipotecas inversas suponen una buena solución para tener unos ingresos extras a la hora de financiar la vejez y así poder mantener su estilo de vida (como demuestran los estudios de Mayer and Simons (1994), Hancock (1998), Hancock (1998) o de la Fuente, Navarro y Serna (2021)).

Una hipoteca inversa es, pues, un contrato financiero que permite a las personas jubiladas convertir sus viviendas en capital pero manteniendo la propiedad y la residencia hasta que mueran, vendan o abandonen sus casas para vivir en otro lugar (Banco de España, 2017). De esta definición se desprende que una de las principales condiciones para solicitar una hipoteca inversa es la edad del titular de la hipoteca, exigiéndose un mínimo en función del país donde se contrate, como por ejemplo, ser mayor de 55 años para Reino Unido y Canadá, mayor de 62 para el caso de EEUU y mayor de 65 años en España o Alemania.

Además de la edad, existen dos elementos clave en las hipotecas inversas: la vivienda, que representa la garantía de devolución del préstamo para la entidad financiera, y su finalidad, que no es otra sino proporcionar ingresos complementarios a la pensión.

Conviene señalar que la hipoteca inversa no es un producto de reciente creación, sino que el origen está en los home-equity reversion creados en Inglaterra tras el Crash de 1929 y la Gran Depresión (Huan and Mahoney, 2002). No obstante, el producto, tal y como lo conocemos hoy en día surgió en los años 70 en Gran Bretaña o en EEUU, donde, concretamente en 1979, empezó a comercializarse a través del Federal Home Loan Bank Board (véase en Chinloy and Megbolugbe (1994)). Por su parte, en Australia inició su comercialización a principios de 1990 (Wang, Valdez y Piggott., 2008), mientras que en España no se reguló hasta 2007 (Banco de España, 2017).

Bien es cierto que el mercado en varios países no ha demostrado ser tan activo y viable como la industria esperaba, pero la hipoteca inversa tiene un gran potencial de crecimiento, como demuestran los trabajos de Reed and Gibler (2003), Chen, Cox y Wang (2010), Shan (2011), Costa-Font (2013). Esta baja demanda del producto se debe principalmente al poco conocimiento del producto y la falta de teoría financiera entre la sociedad (Dillingh et al., 2013; Davidoff, Gerhard y Tost, 2017; Whait et al., 2019).

La hipoteca inversa en España ha suscitado un menor interés en la literatura, abordándose en mayor proporción desde una perspectiva jurídica (véase, por ejemplo, Sánchez (2009)), aunque existen trabajos muy interesantes sobre las mismas como el de Villegas and Rambaud (2007) que plantean la formulación financiero-actuarial para el caso de hipotecas inversas de pagos periódicos.

Por su parte, Devesa-Carpio et al. (2012) realizan un análisis financiero-fiscal del producto, no circunscribiéndose exclusivamente al producto de manera individual, sino desde una óptica global para el cliente, concluyendo que es un producto de alta rentabilidad. Asimismo, Debón et al. (2013) desarrollan tablas dinámicas de mortalidad para la población española y las aplican al cálculo de hipotecas inversas bajo el esquema del programa promovido por el Instituto de Crédito Oficial (ICO), proporcionando además una herramienta informática para la tarificación de las hipotecas inversas.

Conviene también señalar que los principales riesgos a los que se exponen los proveedores al comercializar una hipoteca inversa son tres: el riesgo de tipo

de interés, el riesgo del precio de la vivienda y el riesgo de longevidad. A lo largo de la literatura diferentes autores han tratado de valorar las hipotecas inversas modelizando estos riesgos por diferentes vías.

En primer lugar, respecto al tipo de interés, en la literatura se ha optado por asumir que la hipoteca inversa tiene un tipo de interés constante (por ejemplo, Chen et al. (2010), Yang (2011) o, más recientemente, Sharma, French and McKillop (2020)) o bien, se ha modelizado mediante un modelo de Vasicek (1977) (véase Wang et al. (2008)), un modelo log-normal de Black, Derman and Toy (1990) (por ejemplo, Huang, Wang and Miao (2011)) o un modelo de Cox, Ingersoll and Ross (1985) (Lee, Wang and Huang (2012), Wang, Huang and Lee (2016) o Lee, Kung and Liu (2018)).

En segundo lugar, respecto al riesgo de longevidad, en numerosos trabajos se han empleado tablas estáticas (véase en Weinrobe (1988), Szymanoski Jr (1994), Tse (1995), Zhai, Stesney and Adelson (2000)) mientras que otros, por el contrario, han empleado modelos dinámicos como el de Lee-Carter Lee and Carter (1992) (véase Chen et al. (2010) o Wang et al. (2016)), el modelo de Cairns, Blake and Dowd (2006) (por ejemplo, Yang (2011)) o el modelo de Wills and Sherris (2008) (véase, Shao, Hanewald and Sherris (2015)) para construir tablas dinámicas de mortalidad.

En tercer lugar, para la modelización del precio de la vivienda también podemos encontrar diferentes propuestas, como un proceso browniano (Wang et al. (2008) o Huang et al. (2011), entre otros), un proceso de difusión log-normal con saltos (Lee et al. (2012) y Lee et al. (2018)), un Vector-Auto-Regresivo (Shao et al. (2015)) o procesos ARIMA-GARCH (Chen et al. (2010) o Yang (2011)), así como su variante ARIMA-EGARCH (de la Fuente et al. (2021)).

De acuerdo con Consumer Financial Protection Bureau (2012) el pago lump sum es el producto más sencillo de entender por el cliente, ya que la complejidad de estos productos es la principal crítica para su comercialización (Cho, Hanewald and Sherris, 2013). Además, el lump sum es el producto más rentable y con menos riesgo para el prestamista, como demuestra Cho et al. (2013). Así pues, la propuesta de este trabajo es configurar una hipoteca inversa lump sum para residentes en España y analizar el impacto, tanto para el cliente como para la entidad financiera, de la obligatoriedad de utilizar tablas conjuntas o unisex para su comercialización, desde la óptica del riesgo de longevidad. Por esta razón, tanto el riesgo de tipo de interés como el del precio de la vivienda se han fijado, para analizar el riesgo de mortalidad que asume la entidad

proveedora, empleando para ello el modelo de Lee and Carter (1992), y obviando el impacto de los otros dos.

El objetivo del artículo es estudiar el impacto que tiene de la longevidad en la población española para la valoración de hipotecas inversas. Pero conviene señalar su heterogeneidad y su relación con muchas dimensiones socioeconómicas. Esta heterogeneidad se debe a factores socioeconómicos tales como el sexo, la raza, la educación, la ubicación geográfica o el estado civil, entre otros (Chetty et al., 2016; Ayuso, Bravo and Holzmann, 2016; Bravo, Ayuso, Holzmann and Palmer, 2021). Dichos factores están altamente relacionados con la renta, que constituye la base de las cotizaciones y los esfuerzos de ahorro que darán lugar al desembolso en forma de pensión. Por lo tanto, la heterogeneidad de la longevidad está vinculada a la renta a lo largo del ciclo de vida de los individuos.

Así pues, la heterogeneidad de la longevidad produce importantes sesgos en el precio de los contratos de los seguros de vida, en los planes de pensiones públicos y privados, y en cualquier producto financiero ligado a la longevidad. Esto genera considerables diferencias en las generaciones futuras y actuales o en los hombres y mujeres. Por lo tanto, se produce un vínculo actual actuarial injusto entre el esfuerzo de la contribución y los derechos de pensión (Ayuso et al., 2017, 2021).

El artículo se estructura en cuatro secciones adicionales. En la sección 2, se analizará la evolución del mercado español de hipoteca inversa y su situación actual. En la sección 3, se procederá a formular el modelo de hipoteca inversa empleado, exponer la metodología para la construcción de las tablas dinámicas de mortalidad, así como la modelización del tipo de interés y del precio de la vivienda. En la sección 4, se expondrán los datos utilizados en el artículo y los resultados de su aplicación al modelo propuesto. Por último, en la sección 5, se presentarán las conclusiones y las líneas futuras de investigación.

2. La hipoteca inversa en España

El origen del mercado de hipotecas inversas en España lo encontramos a comienzos de los años 2000, cuando las primeras entidades bancarias, fundamentalmente cajas de ahorros, comenzaron a ofertar estos productos a sus clientes. No obstante, no existiría una regulación al respecto hasta el año 2007, cuando se promulgó la Ley 41/2007, que estableció un marco normativo genérico para el producto y que, básicamente, delimitaba los requisitos que debían cumplir las hipotecas inversas para que estas puedan gozar de incentivos

fiscales y tengan consideración oficial de hipotecas inversas a efectos estadísticos.

Como se observa en la Figura 1, tras la promulgación de la Ley se vivieron los años de mayor desarrollo del producto, con un máximo de hipotecas contratadas en el año 2009, cuando se firmaron 780 hipotecas. En la siguiente década, el producto sufrió las consecuencias de la crisis inmobiliaria y el proceso de concentración bancaria, lo que redujo su contratación a niveles residuales. Actualmente, el mercado español de hipoteca inversa es un mercado que, a pesar de contar con casi 20 años de antigüedad, sigue siendo poco maduro. Muestra de ello es que en el año 2019 se contrataron 149 hipotecas inversas en España, aunque se aprecia un pequeño repunte que, a falta de confirmación, parece pronosticar un cambio de tendencia (Consejo General del Notariado, 2021).

Una vez vista la evolución del producto en España, conviene destacar algunas particularidades que lo hacen diferente al de otros mercados más desarrollados, como pueden ser el británico o el estadounidense, y que se podrían resumir en dos:

- En España no existe obligación legal de amortizar el préstamo hasta el fallecimiento del último de los titulares de la hipoteca. Por su parte, en los países anglosajones habitualmente se condiciona la devolución del préstamo a que el titular de la hipoteca deje de residir en el inmueble, ya sea por fallecimiento o por cambio de domicilio.
- No existe la dación en pago, esto es, en caso de que la deuda acumulada supere el valor de la vivienda el deudor (normalmente, los herederos) no puede entregar la vivienda como pago de la misma, sino que dicha deuda se cubre con el resto de la masa hereditaria, tal y como se establece en el párrafo sexto de la disposición adicional primera de la Ley 41/2007. Sin embargo, en el mercado anglosajón el único bien que responde de la deuda es el inmueble hipotecado. Por lo que las entidades financieras incluyen la denominada No-Negative Equity Guarantee (NNEG), que estipula que sujeto a determinadas condiciones cualquier exceso de la deuda acumulada por encima del valor del inmueble en el momento de liquidación será cancelado por el prestamista (Tunaru and Quaye, 2019). En el Reino Unido, todas las hipotecas deben incorporar dicha cláusula para cumplir con los estándares del producto que establece el Equity Release Council (Equity Release Council, 2021), patronal del sector en dicho país. Por su parte, en Estados Unidos, a través del programa estatal Reverse Mortgage for Seniors (HECM), es el propio estado el que ofrece esta garantía Case and Schnare (1994).

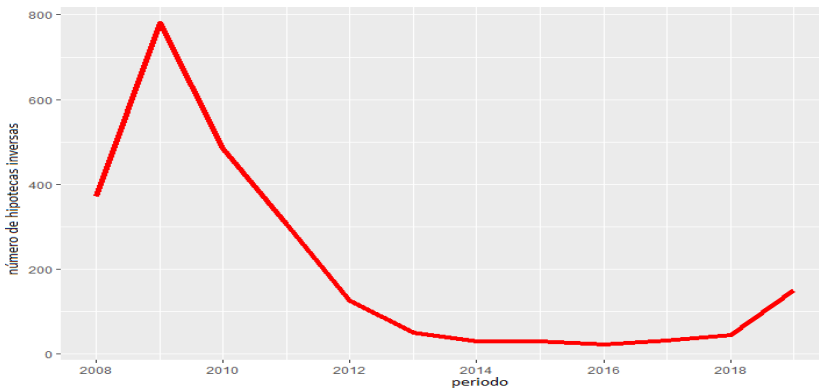


Figura 1: Número de hipotecas inversas contratadas en España. Fuente: Consejo General del Notariado (2021).

Estos dos aspectos condicionan el diseño del producto en España, haciendo que las entidades las tengan en cuenta a la hora de fijar las condiciones del préstamo, como el tipo de interés o la responsabilidad hipotecaria. Parece evidente que la inclusión de la NNEG en el mercado español podría suponer varios cambios. Por un lado, mayor seguridad para los prestatarios y sus herederos, ya que la contratación de la hipoteca inversa no generaría ninguna afección al resto de la masa hereditaria. Y por otro lado, una mejora en las condiciones del préstamo, ya que el riesgo que asume la entidad financiera es menor, sobre todo cuando no hay más bienes dentro del patrimonio del prestatario que puedan responder de la deuda. Probablemente, incorporar las cláusulas NNEG contribuirían a una mayor penetración del producto en el mercado español.

A pesar del poco impacto en número de hipotecas contratadas y de las características particulares del mercado español respecto de otros mercados, en España se han venido comercializando diferentes modalidades de hipotecas inversas, similares a las del resto de países de nuestro entorno. A pesar de que podríamos enumerar múltiples fórmulas empleadas por la banca para ofrecer este producto, las tres más representativas del mercado español son:

1. Hipoteca inversa de disposición única: esta modalidad, conocida en el mercado anglosajón como lump sum, se caracteriza por poner a disposición del sujeto un montante único en el momento inicial, sin la posibilidad de hacer disposiciones adicionales a posteriori.
2. Hipoteca inversa temporal: consiste en el pago de una renta mensual durante un periodo de tiempo concreto, coincidente con la esperanza de vida del contratante (ex, siendo x la edad del titular en el momento de la

contratación), siempre que permanezca vivo en el mismo.

3. Hipoteca inversa vitalicia: de la misma manera que en la temporal, en esta modalidad el contratante recibe una renta mensual, pero en este caso hasta el momento de su fallecimiento. Tradicionalmente, esta modalidad estaba dividida en dos periodos: uno inicial hasta alcanzar la esperanza de vida (ex), donde quien pagaba la renta al sujeto era la propia entidad de crédito, y otro posterior, donde quién asumía el pago de dichas rentas era una entidad aseguradora externa a través de un seguro de rentas diferidas contratado de manera simultánea a la hipoteca y que encarecía enormemente el producto para el sujeto. En la actualidad, esta modalidad está cayendo en desuso, aunque han aparecido entidades aseguradoras que ofertan hipotecas inversas vitalicias donde ellas mismas pagan la renta hasta el fallecimiento sin necesidad de contratar un seguro externo, asumiendo el riesgo de longevidad del cliente.

3. Metodología

3.1 Formulación de la hipoteca inversa

En el presente trabajo se va a analizar la modalidad de disposición única (lump sum), ya que en la actualidad es una de las más representativas y se caracteriza por su sencillez, lo que facilita su comprensión. Para la valoración es necesario plantear el equilibrio financiero-actuarial, que de manera genérica, se puede definir como:

$$\text{VA Disposiciones} + \text{VA Gastos} = \text{VA Reembolso} \quad (1)$$

siendo VA el valor actual de los flujos.

Si concretamos, la ecuación de equilibrio de una hipoteca lump sum quedaría:

Donde:

$$DI = LC \cdot VT \cdot (VA)_x^{(12)} - G_i. \quad (2)$$

DI: es la disposición única concedida al titular de la hipoteca.

LC: es el límite de crédito de la hipoteca, expresado en porcentaje.

VT: es el valor del inmueble en el momento inicial.

G_i : son los gastos iniciales asumidos por el cliente y financiados dentro de la operación.

$(VA)_x^{(12)}$: es la esperanza matemática de un seguro vida entera inmediato, variable en progresión geométrica y pagadero mensualmente. Se puede calcular como:

$$(VA)_x^{(12)} = \sum_{k=0}^{\omega-x} \sum_{s=1}^{12} (1+\alpha)^k \cdot (1+i)^{k+\frac{s}{12}} \cdot {}_{k+\frac{s}{12}}p_x \cdot q_x. \quad (3)$$

Siendo

- ω es la edad máxima que puede alcanzar un individuo. Para el presente trabajo se ha fijado en 125 años.
- α es la razón de crecimiento de la progresión geométrica, expresada en porcentaje. En este caso estará ligado al crecimiento inmobiliario.
- i : es el tipo de interés anual.
- ${}_np_x$: es la probabilidad de que un individuo de edad x llegue vivo a la edad $x+n$.
- q_x : es la probabilidad de que un individuo de edad x fallezca antes de alcanzar la edad $x+1$.

Para el cálculo de las probabilidades de supervivencia y fallecimiento se han utilizado tablas de mortalidad de cohorte mensuales. Para ello se ha empleado la hipótesis de uniformidad de los fallecimientos para su fraccionamiento, que se corresponde con la expresión:

$$l_{x+s} = (1-t) \cdot l_x + t \cdot l_{x+1}. \quad (4)$$

donde l_x es el número de supervivientes a la edad x .

En el siguiente apartado, se presentará el proceso de construcción y ajuste de las tablas de mortalidad dinámicas, ya que para una correcta evaluación de las cantidades de la hipoteca se requiere una buena calibración de las tablas de supervivencia. Esto implica que las tablas utilizadas reflejen adecuadamente la mortalidad de la población elegida y su evolución a lo largo del tiempo. En este trabajo las tablas recogerán el comportamiento de la población de España en sus diferentes grupos de población, hombres, mujeres y unisex.

Del mismo modo, se abordará en las siguientes apartados las hipótesis planteadas sobre la modelización del tipo de interés y la evolución del precio del mercado inmobiliario.

3.2 Construcción de las tablas de mortalidad dinámicas

En este trabajo, se ha optado por trabajar con tablas de mortalidad dinámicas y, por lo tanto, no utilizar tablas estáticas. La utilización de dichas tablas permite

capturar la evolución de la mortalidad a través del tiempo y así poder modelizar y disminuir el riesgo de longevidad. Hecho no posible si utilizáramos tablas estáticas.

En la literatura actuarial, se han propuesto diferentes modelos para tratar de capturar la dinámica de la mortalidad. Entre todos ellos, nosotros hemos optado por utilizar el modelo Lee and Carter (1992) (LC), siguiendo los trabajos de Chen et al. (2010); Debón, Montes and Sala (2013) o Wang et al. (2016). Dicho modelo desarrollado exclusivamente para la graduación de tablas dinámicas de mortalidad ha disfrutado de gran aceptación en el mundo actuarial, por su sencillez y por la bondad de sus resultados. El modelo LC pertenece a la categoría de modelos Edad-Periodo (AP), ya que describe la tasa central de mortalidad $m_{x,t}$ en función de la edad x y el período de tiempo, t ,

$$m_{x,t} = \exp(a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t}), \quad (5)$$

o equivalentemente

$$\ln(m_{x,t}) = a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t}. \quad (6)$$

En la expresión (6) a_x y b_x dependen de la edad, mientras que k_t es un índice que recoge la tendencia general de la mortalidad a lo largo del tiempo; $\epsilon_{x,t}$ son términos de error que se suponen con media cero y varianza σ^2 , reflejando la parte de la mortalidad que el modelo no es capaz de capturar.

Para este trabajo se ha decidido utilizar la transformación logit de las probabilidades de muerte, $q_{x,t}$,

$$\text{logit}(q_{x,t}) = \text{logit}\left(\frac{q_{x,t}}{1 - q_{x,t}}\right) = a_x + b_x k_t + \epsilon_{x,t}. \quad (7)$$

Esta transformación permite obtener valores para las probabilidades $q_{x,t}$ menores de uno, restricción no necesaria en las expresiones (5) y (6) que obtienen $m_{x,t}$. Además esta transformación mantiene los lazos históricos con los primeros trabajos actuariales de Perks (1932), como señalan Haberman and Renshaw (2011).

La expresión (7) ha sido empleada por Debón, Montes and Pug (2008) para ajustar las probabilidades de muerte de la población española con buenos resultados. Posteriormente, Haberman and Renshaw (2011) utilizan esta estructura logit para comparar los diferentes modelos de mortalidad en la población masculina de Inglaterra y Gales. Asimismo, Atance, Debón y

Navarro (2020) identifican que este modelo es el que mejor resultados produce en términos de capacidad predictiva, utilizando datos de países europeos. Y además, de acuerdo a Debón, Haberman, Montes and Otranto (2021) la esperanza de vida que predice el modelo LC aplicado a datos españoles puede representar una mejor respuesta al reto financiero que supone el riesgo de longevidad, ya que produce una proyecciones con valores más elevados, como señala el FMI en su informe Fondo Monetario Internacional, (FMI) (2012).

Conviene señalar que el modelo de Lee and Carter (1992) no se puede ajustar utilizando las técnicas de regresión tradicionales, ya que el índice k_t no es observable. Por lo tanto, la estimación de los parámetros del modelo se lleva acaba maximizando la función de verosimilitud asumiendo una distribución quasi-binomial para el número de muertes. Para ello se ha utilizado la librería `gmm`, desarrollada por Turner and Firth (2020) en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2020). Una descripción de la implementación de dicho modelo se encuentra en Debón Montas and Sala (2009).

Para la predicción de las probabilidades de muerte, $q_{x,t}$, hace falta un último paso, que consiste en estimar el valor futuro de k_t y sustituirlo en la ecuación (7). En este caso, se va a suponer que el índice k_t sigue un proceso ARIMA, (Renshaw and Haberman, 2006; Debón et al., 2008; Hunt and Blake, 2020). Para la estimación del valor futuro de k_t se va a utilizar la función `auto.arima` de la librería `forecast`, desarrollado por Hyndman and Khandakar (2008). Esta función permite seleccionar el proceso ARIMA (p,d,q) con derivada más adecuado a la serie temporal k_t , de acuerdo con el criterio AIC (Akaike, 1974). Una vez proyectado el parámetro k_t , ya somos capaces de predecir las probabilidades de muerte futuras.

3.2.1 Tratamiento de las probabilidades de muerte superiores a 85 años

Hay que recordar que las proyecciones de las probabilidades de muerte se van a estimar con el objetivo de valorar una hipoteca inversa y buscando disminuir el riesgo de mortalidad lo máximo posible. Por esta razón, se ha optado por realizar un tratamiento previo a las probabilidades de muerte con edades superiores a 85 años, de acuerdo con Debón et al. (2013). Cossette et al. (2007) y Booth, Hyndman, Tickle and De Jong (2006) recogen diferentes propuestas para completar las tablas de mortalidad en las edades avanzadas, véase por ejemplo Coale and Guo (1989), Coale and Kisker (1990), Lindbergson (2001) o Thatcher, Kannisto and Vaupel (1998).

Dentro de las opciones que existen para completar las tablas de mortalidad, en este trabajo se ha optado por seguir la adaptación de Denuit and Goderniaux

(2005). Esta metodología parte de un modelo de regresión log-cuadrática:

$$\ln(q_{x,t}) = a_t + b_t x + c_t x^2 + \varepsilon_{x,t}, \quad (8)$$

donde $\varepsilon_{x,t}$ son los errores independientes e idénticamente distribuidos, $N(0, \sigma^2)$. El modelo se calibra de manera separada para cada año de calendario t y para las edades superiores a 75 años. Además, es necesario imponer dos restricciones:

1. $q_{130,t} = 1$.
2. $\frac{\partial q_x(t)}{\partial x} \Big|_{x=130}$.

Con estas dos restricciones se consigue llegar a la siguiente relación:

$$a_t + b_t x + c_t x^2 + \varepsilon_{x,t} = c_t (130 - x)^2, \quad \forall t, \quad (9)$$

Y ahora si se sustituye (8) en la ecuación (9), se obtiene:

$$\ln(q_{x,t}) = c_t (130 - x)^2. \quad (10)$$

Esta adaptación nos permite obtener unas probabilidades de muerte ajustadas a los datos reales desde la edad 75 hasta los 130 años. Sin embargo, las probabilidades de muerte que se utilizarán para calibrar el modelo de Lee and Carter (1992) serán los datos originales para $x = \{0, 1, \dots, 85\}$, y para $x = \{86, 87, \dots, 125\}$, las probabilidades de muerte obtenidas aplicando la metodología de Denuit and Goderniaux (2005).

3.3 Modelización del tipo de interés

En este artículo, se va asumir un tasa de interés constante a lo largo de toda la operación. De hecho, se va a suponer un tipo de interés del 6 %. Hay que señalar que en España los tipos de interés de las hipotecas inversas oscilan entre el 5 % y el 7 %. Por esta razón y haciendo una prospección del mercado se ha elegido el 6 %.

Aunque se podría haber optado por modelizar el riesgo de tipo de interés mediante diferentes procesos; como por ejemplo con un modelo de Vasicek (1977) (Wang et al., 2008), con un modelo lognormal de Black et al. (1990) (Huang et al., 2011) o con un modelo de Cox et al. (1985) (Lee et al., 2012; Wang et al., 2016; Lee et al., 2018). Existen otras alternativas para modelizar el riesgo de tipo de interés que no se han incluido en este artículo.

Sin embargo, conviene recordar que el objetivo del artículo es analizar el riesgo de mortalidad que asumen los proveedores de hipotecas inversas y sus efectos en la tarificación de las hipotecas. Es por esta razón que se ha optado por suponer un tipo de interés constante. Ignoramos, pues, la dinámica del tipo de interés, aunque sería interesante plantear este análisis para ver el impacto conjunto.

3.4 Modelización del precio de los inmuebles

A la hora de modelizar el precio de la vivienda se pueden suponer diferentes procesos. Wang et al. (2008); Huang et al. (2011); Wang et al. (2016) suponen un proceso geométrico browniano, Chen et al. (2010); Yang (2011) optan por un proceso ARMA-GARCH, Lee et al. (2018) decide emplear un proceso de difusión log-normal con saltos, entre otros. Mientras que de la Fuente et al. (2021) optan por utilizar un proceso ARMA-EGARCH para modelizar el precio de la vivienda.

Sin embargo, al igual que para los tipos de interés, en este artículo no se va a modelizar el precio de la vivienda, asumiéndose que se mantendrán constantes a lo largo de la vida de la operación. Nuevamente, recordamos que el objetivo es modelizar el riesgo de mortalidad que tendría una proveedora de hipotecas inversas en España al vender su producto a residentes Españoles en función de su sexo. Por tanto, es por esta razón que se va a ignorar el riesgo de tipo de interés y el riesgo del precio de la vivienda.

4. Hipótesis y resultados

4.1. Datos empleados

Una vez establecido el procedimiento de cálculo para las hipotecas inversas de tipo lump sum, debemos fijar las principales características del producto. Así, se establece que:

- Los titulares deben tener una edad comprendida entre los 65 años y los 90 años en el momento de contratación del producto. Las probabilidades de muerte para la población española, tanto para hombres, mujeres como unisex (combinación de hombres y mujeres) han sido obtenidas gracias al Instituto Nacional de Estadística (INE), para el periodo 1990-2018 y el rango de edades 0-99. Esto ha sido posible gracias a la librería pxR desarrollada por Gil Bellosta et al. (2020).
- Se considera que todos los titulares tienen una vivienda en propiedad en España de 120 m², valorado en 195.048 euros, según el valor tasado

medio de la vivienda libre en España al finalizar el primer trimestre de 2021 (Ministerio de Fomento España, 2021).

- El límite de crédito se establece en el 70 % del valor de tasación actual.
- Los gastos iniciales de la operación que debe asumir el cliente ascienden al 1,06 % del valor del inmueble (Debón et al., 2013).
- El tipo de interés de las hipotecas es del 6 % anual.

Respecto a los valores de los tipos de interés de las hipotecas inversas son considerablemente más elevados que los que se pueden encontrar en los mercados hipotecarios tradicionales. Esto se debe, fundamentalmente, a que el riesgo de crédito que asume una entidad comercializadora de hipotecas inversas es más elevado, ya que no se amortiza la operación (total o parcialmente) hasta que no se produce el fallecimiento del titular, por lo que es normal que el banco no perciba ningún capital durante 15 o 20 años o, incluso, más años, si el titular está en las franjas de menor edad del producto. Por su parte, el montante de deuda en una hipoteca convencional se va reduciendo desde el momento en el que comienzan las amortizaciones periódicas previstas en el contrato.

Como hemos señalado anteriormente, el objeto de este trabajo es establecer analizar las diferencias derivadas de la mortalidad en la tarificación de hipotecas inversas entre hombres y mujeres, identificando las posibles afecciones de utilizar una tabla unisex en la tarificación.

4.2 Resultados

Si observamos la Tabla 1, donde se comparan por edades las disposiciones únicas que se podrían otorgar dependiendo de la hipótesis de mortalidad que empleemos (hombre, mujeres o tabla unisex), como era de esperar, hay una clara diferencia por género. Debido a su menor esperanza de vida, los hombres pueden disponer de mayores capitales a través de la hipoteca inversa en todos los tramos de edad analizados. No obstante, se aprecia que la diferencia porcentual entre sexos es decreciente a medida que avanzamos en edad, pasando del 33.2 % para las personas de 65 años a tan solo un 5.7 % para las personas de 95 años, que viene respaldada inequívocamente por la disminución de la distancia en la esperanza de vida entre hombres y mujeres, como se aprecia en Figura 2.

No obstante, la diferenciación por género está prohibida para todos los productos financieros por la Directiva de Igualdad de Género (Directiva del Consejo 2004/113/CE). Así, cualquier entidad que comercialice hipotecas inversas en

España debe garantizar las mismas cuantías tanto a hombres como a mujeres. Es por ello que se debe emplear una tabla unisex que modelice correctamente la mortalidad de la población en general. En la última columna de la Tabla 1 podemos observar las cantidades que se obtendrían con la tabla unisex. Estas, se encuentran comprendidas entre los valores obtenidos para hombres y mujeres. Se puede observar que la utilización de una tabla unisex favorece claramente a las mujeres, ya que obtienen un mayor importe de disposición inicial, que oscila entre el 17.9 % para las mujeres de 65 años y el 3.1 % para las de 90 años. Por su parte, la pérdida que experimentan los hombres respecto a la situación de diferenciación por género oscila entre el 11.5 % y el 2.5 %, para las mismas edades. Para el caso de la hipoteca inversa, parece evidente que el beneficio obtenido por las mujeres es mayor que el perjuicio que se les genera a los hombres.

Tabla 1:
Disposiciones iniciales para los grupos de estudio.

Edad	Hombres	Mujeres	Unisex
65	63694	47808	56344
66	66640	50582	59223
67	69701	53494	62226
68	72901	56528	65358
69	76171	59720	68603
70	79558	63045	71970
71	83021	66525	75451
72	86605	70135	79054
73	90259	73900	82765
74	93985	77795	86575
75	97770	81791	90461
76	101594	85890	94415
77	105456	90107	98440
78	109291	94383	102479
79	113171	98726	106570
80	116990	103078	110633
81	120785	107443	114686
82	124522	111762	118687
83	128164	116024	122610
84	131704	120175	126426
85	135111	124199	130114
86	138342	128032	133618
87	141455	131684	136974
88	144444	135220	140209
89	147307	138632	143319
90	150041	141914	146298

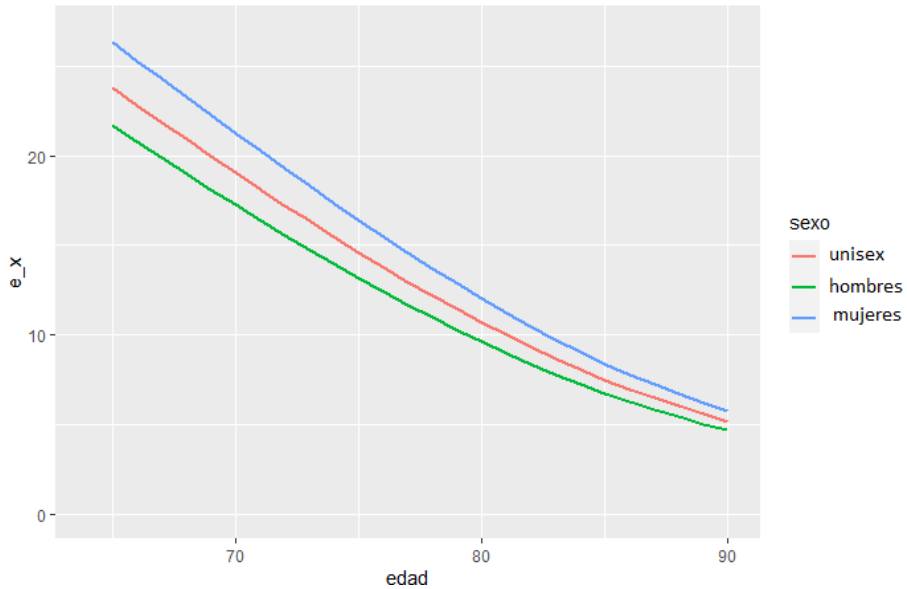


Figura 2: Evolución futura de la esperanza de vida para la población de España, diferenciando entre los tres grupos de estudio.

Este análisis es válido a nivel individual, pero la entidad financiera que oferta hipotecas inversas debe analizar el efecto de emplear tablas unisex sobre la cartera de hipotecas que tiene o va a constituir. Desde este punto de vista, parece razonable que la cuantía de disposición inicial que diera de manera conjunta (unisex) estuviera en línea con el número de expuestos al riesgo que tiene en su cartera. Para aproximarnos al problema, hemos supuesto que la cartera de la entidad tiene la misma distribución que la población residente en España actualmente (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2021b). En la Tabla 2 se muestra la disposición única que resultaría si se calculase dicha disposición unisex como una combinación lineal entre la disposición que se obtiene para cada sexo ponderada por su proporción dentro de la cartera.

Como se puede observar, los resultados obtenidos en la Tabla 2 por esta vía reflejan disposiciones iniciales menores que los que se mostraban en la Tabla 1 para el producto unisex, oscilando entre un 3.0 % y un 1.4 %, en función de la edad del contratante. En contra de lo que, a priori, podría esperarse, a pesar de que en la población real la proporción de mujeres respecto a hombres aumenta conforme lo hace la edad, el hecho de que la diferencia de esperanza de vida entre sexos con la edad vaya disminuyendo juega un papel fundamental a la hora de compensar ambos efectos, lo que provoca la disminución del diferencial que se observa.

Desde el punto de vista del cliente, el hecho de utilizar tablas unisex en lugar de

la disposición que resultaría de la distribución de la cartera favorece a los hombres, que experimentan una menor reducción de disposición, mientras que las mujeres siguen beneficiándose, aunque en menor medida. Sin embargo, para la entidad financiera el hecho de utilizar las tablas unisex en lugar de la disposición resultante de la distribución real de su cartera supondría estar concediendo préstamos por encima de lo que a nivel global debería conceder, suponiendo un agravante a largo plazo el hecho de que estos préstamos no presenten amortizaciones periódicas.

Conviene recordar que el objetivo del artículo es analizar el riesgo de longevidad que asumen los proveedores de hipotecas inversas, así que tanto el tipo de interés como el precio de la vivienda se mantienen constantes en el tiempo. De cara a futuras investigaciones, un estudio de sensibilidad de los tres principales riesgos que aparecen en una hipoteca inversa en el mercado español (longevidad, tipo de interés y precio de la vivienda) podría ser muy interesante para conocer en profundidad todos los fenómenos que atañen a la hipoteca inversa. Sin embargo, vale la pena destacar el trabajo Wang et al. (2008), el cuál realiza un análisis de sensibilidad de los beneficios económicos de suponer que el tipo de interés y el precio de la vivienda se mantiene constante frente a la aleatoriedad de modelizar dichos riesgos. Wang et al. (2008) no encuentran grandes diferencias en el precio de la hipoteca inversa al realizar dicho análisis, si bien es cierto que obtienen un precio mayor (un 3.81 %) cuando ni el tipo de interés ni el precio de la vivienda son constantes. No obstante, estos resultados pueden variar en función del modelo utilizado para estimar tanto el riesgo de longevidad como el riesgo de tipo de interés o riesgo del precio de la vivienda, así como de la coyuntura que rodea a dichas predicciones.

Tabla 2:

Distribución de la población residente y disposiciones iniciales resultantes.

Edad	Población Residente			% Diferencia
	% Hombres	% Mujeres	D. Inicial	
65	43.5 %	56.5 %	54719	-3.0 %
66	43.2 %	56.8 %	57525	-3.0 %
67	43.0 %	57.0 %	60457	-2.9 %
68	42.7 %	57.3 %	63513	-2.9 %
69	42.3 %	57.7 %	66683	-2.9 %
70	42.0 %	58.0 %	69979	-2.8 %
71	41.6 %	58.4 %	73395	-2.8 %
72	41.3 %	58.7 %	76932	-2.8 %
73	40.8 %	59.2 %	80581	-2.7 %
74	40.4 %	59.6 %	84336	-2.7 %
75	40.0 %	60.0 %	88177	-2.6 %
76	39.5 %	60.5 %	92087	-2.5 %
77	38.9 %	61.1 %	96081	-2.5 %
78	38.3 %	61.7 %	100099	-2.4 %
79	37.8 %	62.2 %	104182	-2.3 %
80	37.2 %	62.8 %	108255	-2.2 %
81	36.5 %	63.5 %	112312	-2.1 %
82	36.0 %	64.0 %	116361	-2.0 %
83	35.5 %	64.5 %	120334	-1.9 %
84	34.9 %	65.1 %	124196	-1.8 %
85	34.2 %	65.8 %	127933	-1.7 %
86	33.5 %	66.5 %	131482	-1.6 %
87	32.7 %	67.3 %	134877	-1.6 %
88	31.8 %	68.2 %	138156	-1.5 %
89	30.9 %	69.1 %	141312	-1.4 %
90	29.9 %	70.1 %	144340	-1.4 %

% Hombres y % Mujeres es el porcentaje de población residente en España por edad según los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) (2021a) a 31 de diciembre de 2018.

D. Inicial es la disposición única de una combinación lineal entre la disposición de cada sexo ponderado por la proporción de la población por edad.

% Diferencia es la diferencia porcentual con respecto al producto unisex de la Tabla 1.

5. Conclusiones

A lo largo del presente artículo hemos analizado la situación de la hipoteca inversa en España, poniendo especial atención en la importancia de realizar un buen ajuste de las tablas de mortalidad empleadas a la hora de fijar las cuantías que podrá disponer el cliente y, por tanto, de evaluar el riesgo que asume la entidad.

En base a los datos de mortalidad, se pone en evidencia una clara diferencia entre los sexos, representando más riesgo la concesión de hipotecas inversas a mujeres que a hombres por su mayor esperanza de vida. No obstante, la prohibición expresa que marca la Directiva de Igualdad de Género de llevar a cabo esta diferenciación, pone de manifiesto la necesidad de construir productos unisex coherentes con la distribución real de la población en función del sexo. De no ser así, las entidades financieras podrían subestimar el riesgo de longevidad a la hora de ofrecer hipotecas inversas, al igual que ocurre con los productos aseguradores relacionados con la supervivencia del asegurado, de acuerdo a, por ejemplo, Barrio Peña and Devesa Carpio (2013).

En cualquier caso, el hecho de utilizar tablas unisex implica que las mujeres perciben más, ya que en cualquiera de las situaciones las disposiciones que se obtienen con tablas mixtas son superiores a las resultantes de aplicar tablas femeninas. Será fundamental que la entidad oferente tenga un control de su cartera de manera que sea capaz de corregir dicha discriminación a nivel global, por lo que es básico la inclusión de criterios bien definidos de selección.

Como se ha evidenciado en el trabajo, el alcance del mismo se centra en el análisis y comportamiento de la hipoteca inversa frente al riesgo de longevidad. De cara a futuras investigaciones, sería muy interesante extender el trabajo incluyendo modelos que permitan predecir el comportamiento de los tipos de interés y el mercado inmobiliario para procurar una visión global del riesgo que implica para las entidades financieras la concesión de hipotecas inversas. Asimismo, el análisis de hipotecas inversas con dos titulares, es una línea de investigación futura con mucho interés, ya que es un caso frecuente en los mercados.

Referencias

- Akaike, H. (1974). Stochastic theory of minimal realization. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6):667–674.
- Alai, D. H., Chen, H., Cho, D., Hanewald, K., and Sherris, M. (2014). Developing equity release markets: Risk analysis for reverse mortgages and home reversions. *North American Actuarial Journal*, 18(1):217–241.
- Atance, D., Debón, A., and Navarro, E. (2020). A comparison of forecasting mortality models using resampling methods. *Mathematics*, 8(9):1550.

- Ayuso, M., Bravo, J. M., and Holzmann, R. (2016). On the heterogeneity in longevity among socioeconomic groups: Scope, trends, and implications for Earnings-Related Pension Schemes. *Global Journal of Human Social Sciences-Economics*, 17(1):31-57.
- Ayuso, M., Bravo, J. M., and Holzmann, R. (2017). Addressing longevity heterogeneity in pension scheme design and reform. *Journal of Finance and Economics*, 6(1):1-21.
- Ayuso, M., Bravo, J. M., and Holzmann, R. (2021). Getting life expectancy estimates right for pension policy: period versus cohort approach. *Journal of Pension Economics & Finance*, 20(2):212-231.
- Banco de España (2017). Guía de acceso a la hipoteca inversa. <https://www.bde.es/f/webbde/Secciones/Publicaciones/Folletos/Ficheros/GUIA.pdf> (accedido 29 Marzo 2021).
- Barrio Peña, A. and Devesa Carpio, J. E. (2013). La directiva de género y su impacto en el sector asegurador. Estado del bienestar: sostenibilidad y reformas.
- Black, F., Derman, E., and Toy, W. (1990). A one-factor model of interest rates and its application to treasury bond options. *Financial Analysts Journal*, 46(1):33-39.
- Booth, H., Hyndman, R. J., Tickle, L., and De Jong, P. (2006). Lee-Carter mortality forecasting: a multi-country comparison of variants and extensions. *Demographic Research*, 15:289-310.
- Bravo, J. M., Ayuso, M., Holzmann, R., and Palmer, E. (2021). Addressing the life expectancy gap in pension policy. *Insurance: Mathematics and Economics*, 99:200-221.
- Cairns, A. J., Blake, D., and Dowd, K. (2006). A two-factor model for stochastic mortality with parameter uncertainty: theory and calibration. *Journal of Risk and Insurance*, 73(4):687-718.
- Case, B. and Schnare, A. B. (1994). Preliminary evaluation of the HECM reverse mortgage program. *Real Estate Economics*, 22(2):301-346.
- Chen, H., Cox, S. H., and Wang, S. S. (2010). Is the home equity conversion mortgage in the United States sustainable? evidence from pricing mortgage insurance premiums and non-recourse provisions using the conditional esscher transform. *Insurance: Mathematics and Economics*, 46(2):371-384.
- Chetty, R., Stepner, M., Abraham, S., Lin, S., Scuderi, B., Turner, N., Bergeron, A., and Cutler, D. (2016). The association between income and life expectancy in the United States, 2001-2014. *The Journal of the American Medical Association*, 315(16):1750-1766.
- Chinloy, P. and Megbolugbe, I. F. (1994). Reverse mortgages: contracting and

- crossover risk. *Real Estate Economics*, 22(2):367–386.
- Cho, D., Hanewald, K., and Sherris, M. (2013). Risk management and payout design of reverse mortgages. *UNSW Australian School of Business Research Paper No.*, (2013ACTL07).
- Coale, A. and Guo, G. (1989). Revised regional model life tables at very low levels of mortality. *Population Index*, pages 613–643.
- Coale, A. J. and Kisker, E. E. (1990). Defects in data on old–age mortality in the United States: New procedures for calculating mortality schedules and life tables at the highest ages. In *Asian and Pacific Population Forum*, volume 4, pages 1–31.
- Consejo General del Notariado (2021). Centro de información del Notariado. <http://www.notariado.org/liferay/web/cien/estadisticas-al-completo>.
- Consumer Financial Protection Bureau (2012). Report to congress on reverse mortgages. Iowa City, IA.
- Cossette, H., Delwarde, A., Denuit, M., Guillot, F., and Marceau, E'. (2007). Pension plan valuation and mortality projection: a case study with mortality data. *North American Actuarial Journal*, 11(2):1–34.
- Costa-Font, J. (2013). Housing–related well-being in older people: The impact of environmental and financial influences. *Urban Studies*, 50(4):657–673.
- Cox, J. C., Ingersoll Jr, J. E., and Ross, S. A. (1985). A theory of the term structure of interest rates. *Econometrica*, 53(2):385–407.
- Davidoff, T., Gerhard, P., and Post, T. (2017). Reverse mortgages: What homeowners (don't) know and how it matters. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 133:151–171.
- de la Fuente, I., Navarro, E., and Serna, G. (2021). Estimating regulatory capital requirements for reverse mortgages. an international comparison. *International Review of Economics & Finance*, 74:239–252.
- Debón, A., Haberman, S., Montes, F., and Otranto, E. (2021). Do different models induce changes in mortality indicators? That is a key question for extending the Lee-Carter model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4).
- Debón, A., Montes, F., and Puig, F. (2008). Modelling and forecasting mortality in Spain. *European Journal of Operational Research*, 189(3):624–637.
- Debón, A., Montes, F., and Sala, R. (2009). Tablas de mortalidad dinámicas. Una aplicación a la hipoteca inversa en España. Fundación ICO. Publicaciones de la Universitat de Valencia, Valencia.
- Debón, A., Montes, F., and Sala, R. (2013). Pricing reverse mortgages in Spain. *European Actuarial Journal*, 3(1):23–43.

- Denuit, M. and Goderniaux, A.-C. (2005). Closing and projecting lifetables using log-linear models. *Bulletin of the Swiss Association of Actuaries*, page 29.
- Devesa-Carpio, J. E., Devesa-Carpio, M., Domínguez-Fabián, I., Encinas-Goenechea, B., Meneu-Gaya, R., and Nagore-García, A. (2012). Análisis financiero-fiscal de la hipoteca inversa en España. *Innovar*, 22(45):111–126.
- Dillingh, R., Prast, H., Rossi, M., Brancati, C. U., et al. (2013). The psychology and economics of reverse mortgage attitudes: evidence from the netherlands. *Center for Research on Pensions and Welfare Policies*, (135).
- Directiva del Consejo 2004/113/CE, de 13 de diciembre de 2004, por la que se aplica el principio de igualdad de trato entre hombre y mujeres al acceso a bienes y servicios y su suministro. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2004-82937>. pdf. (accedido 1 Julio 2021).
- Equity Release Council (2021). Standards of equity release council. Disponible en: <https://www.equityreleasecouncil.com/about/standards/> (accedido 2 Octubre 2021).
- Eurostat (2019). Ageing europe –looking at the lives of older people in the EU. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-statistical-books/-/KS-02-19-681>.
- Fondo Monetario Internacional (FMI) (2012). Reporte Técnico. Disponible en imf.org//media/Websites/IMF/imported-flagship-issues/external/pubs/ft/GFSR/2012/01/pdf/c4pdf.ashx (accedido 4 Julio 2021).
- Gil Bellosta, C. J., Viciano, F. J., and Perpignan Lamigueiro, O. (2020). pxR: PC-Axis with R. R package version 0.42.4.
- Haberman, S. and Renshaw, A. (2011). A comparative study of parametric mortality projection models. *Insurance: Mathematics and Economics*, 48(1):35–55.
- Hancock, R. (1998). Housing wealth, income and financial wealth of older people in Britain. *Ageing & Society*, 18(1):5–33.
- Hancock, R. (1998). Can housing wealth alleviate poverty among Britain’s older population? *Fiscal Studies*, 19(3):249–272.
- Huan, C. and Mahoney, J. (2002). Equity release mortgages. *Housing Finance International*, 16(4):29.
- Huang, H.-C., Wang, C.-W., and Miao, Y.-C. (2011). Securitisation of crossover risk in reverse mortgages. *The Geneva Papers on Risk and Insurance–Issues and Practice*, 36(4):622–647.
- Hunt, A. and Blake, D. (2020). Identifiability in age/period/cohort mortality

- models. *Annals of Actuarial Science*, 14(2):500–536.
- Hyndman, R. J. and Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistical Software*, 26(3):1–22.
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2021a). Encuesta de condiciones de vida. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=9994> (accedido 5 Julio 2021).
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2021b). Población residente en España. Disponible en: <https://ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=31304> (accedido 1 Julio 2021).
- Lee, R. D. and Carter, L. R. (1992). Modeling and forecasting US mortality. *Journal of the American Statistical Association*, 87(419):659–671.
- Lee, Y.-T., Kung, K.-L., and Liu, I.-C. (2018). Profitability and risk profile of reverse mortgages: A cross-system and cross-plan comparison. *Insurance: Mathematics and Economics*, 78:255–266.
- Lee, Y.-T., Wang, C.-W., and Huang, H.-C. (2012). On the valuation of reverse mortgages with regular tenure payments. *Insurance: Mathematics and Economics*, 51(2):430–441.
- Ley 41/2007 de 7 de diciembre por la que se modifica la Ley 2/1981, de 25 de marzo, de Regulación del Mercado Hipotecario y otras normas del sistema hipotecario y financiero, de regulación de las hipotecas inversas y el seguro de dependencia y por la que se establece determinada norma tributaria. Available at: <https://www.boe.es/boe/dias/2007/12/08/pdfs/A50593-50614.pdf>. (accedido 28 Diciembre 2020).
- Lindbergson, M. (2001). Mortality among the elderly in Sweden 1988–1997. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2001(1):79–94.
- Mayer, C. and Simons, K. (1994). Home equity conversions and the liquidity of housing wealth. *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association*, 22(2):235–255.
- Ministerio de Fomento España (2021). Valor tasado de la vivienda. Disponible en <https://www.fomento.gob.es/BE2/?nivel=2orden=35000000> (accedido 1 Julio 2021).
- Perks, W. (1932). On some experiments in the graduation of mortality statistics. *Journal of the Institute of Actuaries*, 63(1):12–57.
- R Core Team (2020). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reed, R. and Gibley, K. M. (2003). The case for reverse mortgages in Australia: applying the USA experience. In PRRES 2003: Proceedings of the 9th Annual Conference of the Pacific Rim Real Estate Society 2003, pages 1–13. Pacific

Rim Real Estate Society.

- Renshaw, A. E. and Haberman, S. (2006). A cohort-based extension to the Lee-Carter model for mortality reduction factors. *Insurance: Mathematics and Economics*, 38(3):556–570.
- Sánchez, A. J. Q. (2009). La hipoteca inversa: ¿una opción realmente atractiva? *Revista del Ministerio de Trabajo e Inmigración*, (81):135–148.
- Shan, H. (2011). Reversing the trend: The recent expansion of the reverse mortgage market. *Real Estate Economics*, 39(4):743–768.
- Shao, A. W., Hanewald, K., and Sherris, M. (2015). Reverse mortgage pricing and risk analysis allowing for idiosyncratic house price risk and longevity risk. *Insurance: Mathematics and Economics*, 63:76–90.
- Sharma, T., French, D., and McKillop, D. (2020). Risk and equity release mortgages in the UK. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, pages 1–24.
- Szymanoski Jr, E. J. (1994). Risk and the home equity conversion mortgage. *Real Estate Economics*, 22(2):347–366.
- Thatcher, A. R., Kannisto, V., and Vaupel, J. W. (1998). The force of mortality at ages 80 to 120.
- Tse, Y. K. (1995). Modelling reverse mortgages. *Asia Pacific Journal of Management*, 12(2):79–95.
- Tunaru, R. S. and Quaye, E. (2019). UK equity release mortgages: a review of the no-negative equity guarantee. *The United Kingdom: Institute and Faculty of Actuaries Actuarial Research Centre Research Report*.
- Turner, H. and Firth, D. (2020). Generalized nonlinear models in R: An overview of the gnm package. R package version 1.1-1.
- Vasicek, O. (1977). An equilibrium characterization of the term structure. *Journal of Financial Economics*, 5(2):177–188.
- Villegas, P. C. and Rambaud, S. C. (2007). Análisis matemático-financiero de las hipotecas inversas: el caso español. In *Anales de economía aplicada 2007*, pages 623–639. Asociación Española de Economía Aplicada, ASEPELT.
- Wang, C.-W., Huang, H.-C., and Lee, Y.-T. (2016). On the valuation of reverse mortgage insurance. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2016(4):293–318.
- Wang, L., Valdez, E. A., and Piggott, J. (2008). Securitization of longevity risk in reverse mortgages. *North American Actuarial Journal*, 12(4):345–371.
- Weinrobe, M. (1988). An insurance plan to guarantee reverse mortgages. *Journal of Risk and Insurance*, pages 644–659.
- Whait, R. B., Lowies, B., Rossini, P., McGreal, S., and Dimovski, B. (2019). The reverse mortgage conundrum: Perspectives of older households in Australia.

Habitat International, 94:102073.

Wills, S. and Sherris, M. (2008). Integrating financial and demographic longevity risk models: an Australian model for financial applications. *UNSW Australian School of Business Research Paper*, (2008ACTL05).

Yang, S. S. (2011). Securitisation and tranching longevity and house price risk for reverse mortgage products. *The Geneva Papers on Risk and Insurance—Issues and Practice*, 36(4):648–674.

Zhai, D. H., Stesney, L. A., and Adelson, M. (2000). Reverse mortgage securitizations: understanding and gauging the risks. Structure Finance. *Moody's Investors Service Special Report*.