

Estudios sobre la Economía Española - 2017/03

**Proyecciones financieras y de bienestar del sistema español de pensiones: modelización en equilibrio general. \***

Alfonso R. Sánchez

Universidad Complutense de Madrid y FEDEA

**fedea**

# Proyecciones financieras y de bienestar del sistema español de pensiones: modelización en equilibrio general.<sup>\*</sup>

Alfonso R. Sánchez  
Universidad Complutense de Madrid y FEDEA

15 de febrero de 2017

## Resumen

Este documento presenta los detalles de formulación y calibración de un modelo de equilibrio general dinámico de generaciones solapadas de gran escala de la economía española. El modelo está diseñado para generar proyecciones coherentes del comportamiento de los agregados macroeconómicos y de pensiones, así como del bienestar de las distintas generaciones, sobre un horizonte temporal muy dilatado (hasta 2070). Se revisan los cambios introducidos respecto de la última versión existente del modelo (Sánchez-Martín (2014)) y se discuten posibles mejoras futuras.

---

<sup>\*</sup>El autor agradece especialmente las sugerencias y observaciones de A. de la Fuente, M.A. García y J.I. Conde durante la redacción de este trabajo. También se agradece la colaboración de J. Varela y A. Pastor del Ministerio de Hacienda y Función Pública, que aclararon amablemente todas nuestras dudas sobre la simulación para España en el AWG. Parte de la información empírica utilizada fue proporcionada por Sergi Jiménez y J.I. García Pérez.

# Índice

<b>1. Introducción y objetivos</b>	<b>4</b>
<b>2. Técnicas de modelización</b>	<b>4</b>
<b>3. Modelo</b>	<b>10</b>
3.1. Modelo demográfico . . . . .	12
3.2. Agentes Representativos . . . . .	13
3.3. Sistema de pensiones . . . . .	15
3.3.1. Cotizaciones al sistema . . . . .	15
3.3.2. Pensión de jubilación individual . . . . .	15
3.3.3. Cobro anual por pensiones de jubilación . . . . .	17
3.3.4. Modelización del IRP . . . . .	17
3.3.5. Pensiones de supervivencia . . . . .	18
3.3.6. Saldo del Sistema . . . . .	18
3.4. Modelo del resto del Sector Público . . . . .	20
3.5. Producción y Oferta . . . . .	22
3.6. Definición de Equilibrio . . . . .	22
3.7. Mejoras respecto a versiones previas del modelo . . . . .	24
<b>4. Calibración</b>	<b>26</b>
4.1. Demografía . . . . .	26
4.1.1. Fundamentos demográficos: fecundidad, mortalidad y migraciones . . . . .	26
4.1.2. Proyección demográfica 2010/2060 . . . . .	29
4.2. Mercado de trabajo y educación . . . . .	33
4.2.1. Educación . . . . .	33
4.2.2. Ingresos laborales . . . . .	34
4.2.3. Tasas de actividad, empleo y paro . . . . .	35
4.2.4. Jubilación . . . . .	40
4.3. Pensiones de jubilación y viudedad de la Seguridad Social . . . . .	44
4.3.1. Condiciones iniciales de las cohortes de jubilados . . . . .	45
4.3.2. Condiciones iniciales para activos: bases reguladoras y años cotizados . . . . .	51
4.3.3. Series institucionales de topes de pensiones: intervalo 2001 a 2014 . . . . .	54
4.3.4. Proyección en la senda: años cotizados, tasas de cobertura y topes legales . . . . .	56
4.4. Modelización de otras pensiones del sistema . . . . .	60
4.4.1. Otras pensiones contributivas del RGSS . . . . .	60
4.4.2. Régimen de Clases Pasivas . . . . .	64
4.5. Balance agregado del sistema y Fondo de Reserva . . . . .	67
4.5.1. Gastos agregados . . . . .	67
4.5.2. Cotizaciones sociales y saldo agregado del sistema de Seguridad Social . . . . .	68
4.5.3. Calibración del IRP 2009/2014 y supuestos de proyección . . . . .	71
4.5.4. Indicador de Salud Financiera del sistema . . . . .	73
4.5.5. Fondo de reserva . . . . .	76
4.6. Modelización del resto del sector público . . . . .	77
4.7. Modelización de los agregados macroeconómicos . . . . .	80
4.7.1. Dinámica salarial . . . . .	80
4.7.2. Capitalización . . . . .	81
4.7.3. Otras variables macro . . . . .	84

<b>5. Revisión crítica y propuestas de mejora</b>	<b>85</b>
5.1. Cambios para una versión mejorada a corto plazo . . . . .	85
5.2. Cambios para una versión mejorada a medio plazo . . . . .	87
<b>A. Appendix</b>	<b>92</b>
A.1. Cálculo del IRP . . . . .	92
A.2. Estimación de las bases reguladoras iniciales . . . . .	93
A.3. Estimación de los años cotizados iniciales . . . . .	94

## 1. Introducción y objetivos

El sistema público de pensiones es una pieza fundamental del Estado de Bienestar en España. Es el sistema de transferencias cuantitativamente más importante del país, del que dependen el bienestar diario de más de 10 millones de pensionistas. Entender su salud financiera presente y futura es una tarea de vital importancia para la política fiscal nacional. Esta es una proposición tan evidente que realmente no necesita de ninguna motivación adicional.

En este proyecto se avanza en la elaboración de una herramienta de proyección del estado financiero del sistema de pensiones basada en un modelo de Generaciones Solapadas (OLG) de gran escala. El proyecto se materializa en dos documentos. Este artículo se centra en la descripción del modelo utilizado y en su calibración a la realidad económica española en el intervalo 2001/2014. Un segundo documento (Sánchez-Martín (2017)) recopila los resultados de la simulación del modelo durante el intervalo 2015/2060.<sup>1</sup> Estos trabajos son parte de un proyecto más amplio de FEDEA, que incluye la elaboración de un informe periódico sobre la salud financiera del sistema de pensiones. El primero de estos informes (De La Fuente et al. (2017)) se publicará próximamente e incluirá un ejercicio de proyección construido sobre el modelo aquí descrito.

Este manuscrito comienza con una revisión de las distintas metodologías disponibles para modelizar el balance financiero futuro del sistema de pensiones en la sección 2. Esto permite encuadrar el trabajo en el contexto más amplio de los modelos de proyección de gastos e ingresos de pensiones. A continuación, la sección 3 describe con detalle el modelo de OLG usado en nuestra simulación. En particular, se revisa la evolución del modelo desde sus orígenes en un capítulo de la tesis doctoral del autor en la Universidad Carlos III de Madrid. El antecedente más inmediato de este trabajo es el documento de trabajo del Banco de España Sánchez-Martín (2014), de modo que dedicamos unas líneas a revisar los cambios con respecto a esta referencia que se introducen en la versión actual. En cualquier caso, el corazón central de esta sección es la revisión de los detalles institucionales, agentes representativos y entorno económico general del modelo. La sección 4 es la más voluminosa del trabajo, ocupándose de proporcionar todos los detalles de la calibración del modelo. Finalmente, la sección 5 revisa críticamente tanto la modelización elegida como los detalles de implementación. En ella también se discuten las líneas futuras de mejora más prometedoras y más fáciles de implementar. Algunos detalles más técnicos de las estimaciones realizadas como parte del proceso de calibración se relegan a un conjunto de apéndices finales.

## 2. Técnicas de modelización

En los siguientes párrafos se proporciona una visión personal de las distintas tecnologías utilizadas para proyectar gastos de pensiones. No se trata de una revisión de literatura, ya que sólo se citan algunas aportaciones que son (para el autor) especialmente significativas. Inevitablemente, este vistazo simplificado pasa por alto muchos de los matices que acompañan

---

<sup>1</sup>Existen algunas pequeñas diferencias de calibración entre ambos trabajos. En el análisis de coyuntura en Sánchez-Martín (2017) es de capital importancia el reproducir del mejor modo posible las series temporales del número de pensiones y sus valores medios. Para ello introducimos dos modificaciones respecto de la calibración en el presente documento: (i) permitimos cierta jubilación anticipada a los 60 incluso para cohortes posteriores a los mutualistas de 1967; y (ii) sólo se endogeniza la edad de jubilación a largo plazo. En concreto, utilizamos como cohorte de referencia a largo plazo la proyección del modelo para los nacidos en 1990. La distribución de edades de jubilación de las cohortes intermedias se construye mediante una combinación lineal de la última distribución observada y la de la cohorte de referencia a largo plazo antes indicada.

a cada una de estas tecnologías. Una buena referencia para el lector interesado en comparar métodos es Jimeno et al. (2008), que analiza los efectos de la reforma 2011 con varios de los métodos indicados a continuación (MCA, OLG de gran escala y MS).

### Modelos contables agregados (MCA)

Si uno desea proyectar el estado financiero futuro de un sistema de pensiones, un punto de partida muy natural es centrarse en el gasto, utilizar el PIB como referencia de tamaño y simular la ecuación contable de serie temporal:

$$\frac{GPENS_t}{PIB_t} = RPP_t * COB_t * DEP_t * ITE_t \quad (1)$$

donde  $RPP$  es el ratio de la pensión media al producto medio por empleado;  $COB$  es la tasa de cobertura (ratio de jubilados a población mayor de 65 años);  $DEP$  es la tasa de dependencia demográfica (ratio de mayores de 65 a población en edad de trabajar) e  $ITE$  es la inversa de la tasa de empleo (empleados/población en edad de trabajar).<sup>2</sup> El origen de la ecuación es la expresión (23) que veremos en la sección 4.5.1. La gran virtud de esta expresión es que muestra claramente la interdependencia de los factores demográficos, institucionales y de mercado de trabajo en la formación del gasto. Conceptualmente, es indiscutible que en sistemas de pensiones “de reparto” o “PAYG” el sistema se encuentra en déficit cuando el nivel de gasto corriente no se cubre con los ingresos corrientes. Es fácil caracterizar situaciones como ésta con este tipo de herramienta contable, lo que explica que haya sido el instrumento analítico más utilizado para esta tarea, tanto en España (donde los primeros análisis se dieron a mediados de los años noventa), como en otros países con sistemas de pensiones más longevos y evolucionados.

El funcionamiento del método es sencillo de explicar. De modo explícito o implícito, las variables anteriores se generan a partir de un modelo demográfico (tasas de dependencia) y de un modelo del mercado de trabajo (tasas de actividad y empleo, salarios y productividad). Los autores en esta tradición deben conjeturar el impacto de las series anteriores sobre la tasa de cobertura de pensiones y sobre la tasa de reposición (típicamente en escenarios que combinan distintas hipótesis sobre la estructura institucional). El capítulo 2.3 de Boldrin et al. (2001), o Jimeno (2000) son ejemplos sencillos de la aplicación de este método. La sostenibilidad financiera del sistema puede evaluarse simplemente como la diferencia en valor actual entre el gasto por pensiones y los ingresos por cotizaciones sobre un horizonte considerado. Este es el enfoque seguido por la Seguridad Social en EEUU, que evalúa la solvencia del sistema sobre un horizonte de 75 años.

El mayor atractivo del método radica en su sencillez y en la facilidad de realizar extensos análisis de sensibilidad del escenario base considerado. Doménech and Melguizo (2009) es un ejemplo paradigmático al explorar un gran número de escenarios diferentes en un intento de evaluar la incertidumbre implícita en los cálculos. También es un método fácilmente extensible y combinable con otras metodologías más avanzadas. Es posible incorporar análisis econométricos o desarrollos teóricos más evolucionados al modelizar algunos de los componentes de la ecuación (1). Este es el camino seguido en, por ejemplo, De la Fuente and Doménech (2012). En Godínez-Olivares et al. (2018) se aplican técnicas de optimización con restricciones para explorar la configuración óptima (teórica) de cotizaciones, edades de jubilación y tasas de actualización de pensiones en el sistema español. Las múltiples simulaciones para los distintos países de la UE en European-Commission (2015), por otra parte, avanzan mediante la

---

<sup>2</sup>Por supuesto, también es preciso modelizar los ingresos, aunque estos tienden a ser menos variables respecto del PIB ante cambios demográficos. Por sencillez expositiva, en esta discusión nos centramos en los gastos.

utilización de técnicas de micro simulación en el módulo de mercado de trabajo. La principal desventaja del método es la falta de coherencia entre las diversas variables de la ecuación anterior. Por otra parte, la técnica está intrínsecamente unida a un enfoque de serie temporal que hace difícil la introducción de dimensiones de heterogeneidad relevantes, como vemos a continuación.

### **El método del Balance Actuarial (BA)**

Existen algunas dimensiones importantes del “estado económico” de un sistema de pensiones que no son fáciles de captar con el método de proyecciones contables. Básicamente se trataría de introducir dimensiones de heterogeneidad en las observaciones de serie temporal que resulten relevantes para el problema del saldo financiero del sistema. La más inmediata de estas dimensiones es la distribución por edades de los individuos en cada año de la simulación de serie temporal. En cada año de calendario, además de los flujos corrientes de pagos de pensiones y cobro de cotizaciones, existe un conjunto de obligaciones *latentes* derivados de los derechos de pensiones ya devengados por los participantes en el sistema. Igualmente, existen un conjunto de ingresos futuros potenciales asociados a las cotizaciones futuras de las personas participantes en el sistema. Existe, en una palabra, una situación patrimonial latente que coexiste con los flujos de caja y que puede sustanciarse contablemente en forma de un activo de ingresos futuros y un pasivo de obligaciones futuras para el sistema. Este balance contable arrojará un saldo que puede identificarse más propiamente con el balance financiero real del sistema.

Esta forma de contemplar la situación financiera del sistema se ha llevado a la práctica en Suecia desde el año 2001. Boado-Penas et al. (2011) es una buena comparación del método sueco frente al método clásico de proyecciones MCA utilizado en EEUU. En el sistema sueco los activos y pasivos del sistema se valoran sobre la base de hechos verificables en la fecha de cálculo sin recurrir a proyecciones. En consecuencia, los cambios en los parámetros del sistema sólo se incorporan en la medida que se manifiestan. De este modo el método utiliza información limitada para evitar las controversias políticas que podrían acompañar al uso de predicciones futuras. Lo más importante (y la gran contribución de este método frente a la metodología MCA) es que detectan sistemas insolventes pese a que su flujo de caja presente no sea deficitario. Esta propiedad nos parece muy útil debido a la baja frecuencia que muestran, en general, los procesos demográficos (como el ciclo “Baby-Boom/ Baby-Bust”)<sup>3</sup> Teóricamente, esto da la posibilidad de actuar sobre la fuente de insolvencia con antelación (aunque la experiencia del mundo real es desalentadora en este sentido). Una aplicación a España de esta metodología se encuentra en Boado-Penas (2014).

### **Modelos de equilibrio de *Generaciones Solapadas***

Profundizando en la relevancia de la edad para los cálculos de pensiones debemos prestar atención a la dimensión intergeneracional implícita en algunos sistemas de pensiones. El origen de la misma es el carácter contributivo del ahorro forzoso de jubilación en países como España. La pensión es una función del historial laboral del individuo (sus años cotizados y sus bases contributivas). Esta situación es común en los sistemas llamados “Defined Benefit” (DB) o de “Prestación Definida”. Al financiar estas pensiones con un procedimiento PAYG, este carácter subyace a la representación de serie temporal en la ecuación contable (1) o a un (aún por construir) Balance Actuarial del sistema. De facto, los aspectos macroeconómico y demográficos implican un tratamiento diferente entre generaciones que es muy difícil de

---

<sup>3</sup>Los cambios en los flujos migratorios podrían ser excepcionales en este sentido.

extraer con las metodologías previas. Pensamos que una buena técnica de proyección debe ser capaz de evaluar este balance de equidad entre generaciones, ya que es un aspecto importante en la percepción pública de estos sistemas. Esto es posible con metodologías que combinan la representación del ciclo vital de las personas a nivel micro con la formación de agregados por suma de generaciones solapadas a nivel macro.

El mejor exponente de este tipo de representaciones son los modelos de equilibrio general dinámico de *Generaciones Solapadas (OLG) de gran escala*. El antecedente de estos modelos es el trabajo teórico de Samuelson (1958), pero la literatura realmente echa a andar con Auerbach and Kotlikoff (1987). El elemento definidor de los modelos aplicados es una gran desagregación temporal (típicamente, un año en el modelo equivale a un año de tiempo real). Un buen “survey” de la estructura de este tipo de modelo es De-Nardi et al. (2001). Una recopilación de trabajos en la frontera de esta metodología se encuentra en Fehr (2009).

En estos modelos, el balance fiscal es un componente más del equilibrio completo de la economía, incluyendo típicamente modelos teóricos de los comportamientos de ciclo vital (ahorro, oferta de trabajo, jubilación ...) en un entorno institucional explícito. La estricta racionalidad ha sido la forma de comportamiento más comúnmente modelizada, pero versiones más recientes incluyen otro tipo de comportamientos (racionalidad limitada, descuentos hiperbólicos y otras formas de “behavioral finance” ...). Los agentes son heterogéneos en, al menos, edad, aunque pueden serlo en muchas otras dimensiones como educación, género, estado civil ... Los precios de los bienes presentes en el modelo son el mecanismo de coordinación que lleva al equilibrio. Las variables macro se obtienen por agregación de las variables individuales, de modo que se garantiza la coherencia de las variables macroeconómicas del modelo de un modo mucho más robusto que en las técnicas previas.

Junto a la coherencia micro/macro, estos modelos proporcionan el mejor entorno para analizar reformas institucionales ya que (1) incluyen la reacción de los agentes al cambio institucional y (2) contemplan el efecto de los cambios en los precios inducidos por ambos efectos (el cambio institucional inicial y la reacción posterior). Además, es posible analizar los cambios de bienestar producidos sobre los distintos tipos de agentes. Su mayor dificultad es su complejidad, que afecta tanto a su solución (especialmente en entornos con incertidumbre recursiva) como a su calibración (típicamente demandan un grado de detalle difícil o imposible de obtener con las bases de datos disponibles). Existen numerosos ejemplos de aplicaciones de este tipo de modelos al análisis de la Seguridad Social o del sistema fiscal en España. Entre ellas destacamos Díaz-Giménez and Díaz-Saavedra (2016), Díaz-Giménez and Díaz-Saavedra (2009), Gavilán et al. (2011) o versiones previas del modelo desarrollado en la sección 3.

La complejidad de los modelos OLG de equilibrio ha llevado a varios enfoques alternativos. Es una literatura amplia que refleja formas diversas de presentar la situación fiscal agregada utilizando la representación del ciclo vital de agentes representativos de cada cohorte. Las tres más importantes se ven a continuación.

### **La metodología de Cuentas Generacionales, (“Generational accounting”, GA)**

Las Cuentas generacionales se introdujeron en Auerbach et al. (1991) y ha sido adoptadas, entre otras instituciones, por el World Bank y el IMF. Una buena revisión de sus fundamentos metodológicos se encuentra en Auerbach et al. (1998). El objetivo de esta técnica es medir la sostenibilidad del presupuesto público en presencia del envejecimiento y evitando los ajustes de precios característicos de los modelos de equilibrio. La idea central es utilizar la restricción presupuestaria intertemporal del sector público para evaluar el tamaño de los



superávits futuros necesarios para cubrir, en términos de valor presente descontado, la deuda en vigor en el año base. Para ello se proyectan los pagos fiscales netos per capita de las generaciones presentes y futuras, por edad y género. Lo habitual es incorporar un supuesto de estacionariedad al proyectar al futuro los flujos netos de cada agente. Combinando estos flujos netos con una proyección de la demografía futura se obtiene una medida de la deuda *implícita* del gobierno (el valor presente de la deuda total), así como las “cuentas generacionales” (el valor de los pagos netos per capita realizados por cada una de las cohortes presentes y por la cohorte representativa de las generaciones futuras).

### **El método de “National Transfers Accounts” (NTA)**

El objetivo de la técnica es obtener un vistazo de las transferencias entre-generaciones que tienen lugar en una economía en un año de referencia. Lee et al. (2003) introdujeron el método, que desde su inicio se orientó a generar estimaciones de las transferencias que tienen lugar entre los distintos grupos de edad de una economía que fuesen: (1) comparables internacionalmente y (2) compatibles con la metodología de Cuentas Nacionales del país. Así, se creó una red internacional dedicada a mejorar la homogeneidad en los datos utilizados y en los métodos aplicados. Ésta técnica ha sido especialmente promovida desde las instituciones económicas del sistema de Naciones Unidas. Como en el caso de las GAs, el objetivo prioritario ha sido entender las implicaciones del envejecimiento en la sostenibilidad de los programas de seguro público y pensiones. El método también es aplicable para entender los patrones de apoyo entre generaciones y los procesos de acumulación de capital físico y humano. Se basa en la medición (para cada edad en un año base) de las fuentes y usos de la renta en la población considerada. Entre los primeros se incluye la renta laboral, renta del ahorro y las transferencias públicas y privadas recibidas. Entre los usos se incluye el consumo final público y privado, el ahorro y los pagos de transferencias realizados a sus familias y al gobierno. Una aplicación al caso español puede encontrarse en Patxot et al. (2013).

Existen bastantes elementos comunes entre las técnicas GA y NTA. Las dos construyen sus indicadores a partir de la sección cruzada de una población en un año considerado. De los micro-datos de la misma se extraen perfiles por edad que se consideran básicamente constantes en el tiempo. Los agregados macro resultan del cambio en el tiempo en la estructura demográfica manteniendo los patrones por edad constantes. En comparación con los modelos OLG, el grado de detalle institucional introducido es superior. Pero también tienen existencias importantes entre ambos métodos. Así, el objeto de estudio es más amplio en el método NTA, ya que incluye transacciones públicas y privadas (de mercado e intra-familia), mientras que para el cálculo de las GAs sólo se consideran las transacciones con el sector público. Metodológicamente, los cálculos en las NTA son puramente estáticos, mientras que las Cuentas Generacionales si aplican una perspectiva de proyección a largo plazo.

### **Modelos de microsimulación**

Una última línea metodológica la constituyen los modelos de microsimulación. Estos modelos constituyen un pequeño universo en si mismos, combinando enfoques estáticos y dinámicos en función de la ausencia/presencia de respuestas de comportamiento. Típicamente parten de una sección cruzada de personas de distinta edad (como las otras metodologías empíricas indicadas), pero reconocen un grado de heterogeneidad mayor entre los agentes de cada cohorte. En los trabajos dedicados al problema de las pensiones (por ejemplo Conde and González (2011) o Moral-Arce (2013)) el énfasis se pone en la representación

del mercado de trabajo, incorporando el ciclo vital individual y las transiciones entre estados laborales. En una simulación de panel transversal las pensiones correspondientes a cada individuo se crean aplicando la normativa legal existente a cada individuo de la muestra en función de su historial laboral simulado. Los componentes demográficos/macroeconómicos que subyacen a la proyección son similares a los métodos previos y pueden modificar los patrones de transición del mercado de trabajo. Los agregados del sistema de pensiones se obtienen por agregación de los resultados individuales de simulación

Su mejor ventaja reside en que permiten una reproducción muy rica de los detalles institucionales del sistema de pensiones y de la normativa laboral. Además, es un método anclado en una perspectiva de ciclo vital, lo que permite el estudio de los impactos inter-generacionales de las pensiones. También es posible, en principio, reflejar los procesos no estacionarios relevantes para una proyección de largo plazo (como es la distribución por educación, las pautas de participación laboral, productividad, demografía y, obviamente, las instituciones). Entre las desventajas destaca el riesgo de *extrapolar* comportamientos individuales a entornos en que ya no son relevantes (eg, el uso de una dinámica laboral que refleja condiciones históricas que pueden ser poco relevantes tras cambios en el entorno institucional o en la demografía). Como las técnicas de GA y NTA, no incluyen efectos de equilibrio general (cambio en los precios y sus efectos inducidos) y no permiten realizar un “Análisis de Bienestar” similar al que se realiza con modelos OLG.

Concluimos la sección destacando que desarrollos recientes están haciendo más confusa la frontera entre los distintos métodos. Así, se están desarrollando modelos híbridos que combinan elementos de las diferentes metodologías. Por ejemplo, las proyecciones del AWG en European-Commission (2015) utilizan un enfoque MCA, pero incluyen un módulo de mercado de trabajo basado en la micro-simulación para generar los componentes laborales de la ecuación (1). Patxot et al. (2013) es un ejemplo de uso combinado de las técnicas NTA y GA. En Auerbach and Lee (2011) se realizan simulaciones estocásticas de serie temporal a partir de las que se reconstruyen indicadores de ciclo vital para distintas cohortes (y distintos países/sistemas de pensiones). Por último, es posible combinar técnicas de microsimulación y modelos OLG, aunque ésta es una frontera aún por explorar.

### 3. Modelo

La estructura subyacente a nuestras simulaciones tiene dos componentes: (i) un modelo demográfico sencillo que genera la población existente en cada instante de tiempo (diferenciando por edad y género), y (ii) un modelo de equilibrio general dinámico de generaciones solapadas que representa, año a año, el comportamiento de la economía española. En esta sección revisamos en detalle ambos componentes e introducimos la notación que se aplicará en todo el documento. La sección 3.1 comienza con el comportamiento demográfico, las secciones 3.2 a 3.4 repasan los componentes principales del modelo económico; finalmente cerramos con una definición formal de la noción de equilibrio en la sección 3.6 y con una comparación con la última versión publicada del modelo en 3.7.

Siguiendo la tradición de Auerbach and Kotlikoff (1987), el modelo económico tiene mucha desagregación temporal (1 año en el modelo equivale a 1 año de calendario), mucha heterogeneidad en los agentes que habitan la economía y un fuerte componente de cambio temporal en los procesos económicos e institucionales exógenos.<sup>4</sup> Se sigue la escuela más “ortodoxa” en la formulación del comportamiento como problemas de elección intertemporal con plena racionalidad e información perfecta (expectativas racionales en este contexto implican previsión perfecta de los tipos de interés, salarios y tipos impositivos). Todos estos aspectos son manejables computacionalmente gracias a dos simplificaciones importantes:

1. La ausencia de incertidumbre agregada en el entorno económico simulado.
2. La toma de decisiones a nivel de *agentes representativos* (*RA*) en lugar de a nivel de hogares o individuos.

Respecto del primer aspecto, la única incertidumbre reflejada es la que experimentan los individuos en relación a la duración de su propia vida. Los agregados del modelo, sin embargo, se comportan de modo determinístico. Respecto del segundo, los agentes decisores del modelo son *agentes representativos* que agrupan individuos de la misma cohorte (año de nacimiento), educación y valor relativo del ocio. En cada instante de tiempo, la composición por sexo de cada *RA* cambia al modificarse la estructura familiar subyacente debido a los efectos de la mortalidad. Así, la proporción de hogares biparentales y hogares unipersonales (de cada uno de los dos sexos) se modifica en el tiempo, pero las características de educación y preferencia por el trabajo antes indicadas son invariantes<sup>5</sup>. La sección 3.2 describe en detalle el funcionamiento de los *RA*. El modelo toma como exógenos un buen número de los procesos económicos que definen el entorno económico de la simulación, como las series temporales de la distribución de la población por niveles educativos, las tasas de empleo y participación por sexos, las tasas de inflación y de crecimiento de la productividad del trabajo y el peso de la deuda pública en el producto agregado. Siendo esa información conocida por los agentes, estos toman decisiones de consumo y ahorro en cada período, así como una única decisión de edad de jubilación. La suma de las acciones de los *agentes* genera los macro-agregados, formándose los precios del capital y trabajo en mercados competitivos.<sup>6</sup> La economía recibe del (y exporta al) exterior flujos de trabajadores y flujos financieros que financian la deuda pública a un tipo de interés dado. En otras dimensiones (en particular, en la formación del

---

<sup>4</sup>Una presentación de los elementos básicos involucrados en la construcción de modelos de equilibrio aplicados a pensiones se encuentra en De-Nardi et al. (2001). Una revisión de literatura centrada en modelos OLG puede encontrarse en Fehr (2009).

<sup>5</sup>Así como, obviamente, el año de nacimiento.

<sup>6</sup>La única decisión laboral tomada por los agentes es la edad de jubilación, de modo que la oferta de trabajo es bastante inelástica. Además, se impone una tasa exógena de desempleo entre los oferentes de trabajo.

stock de capital o el determinación de los ingresos fiscales), el modelo funciona como una economía cerrada.

La unidad temporal del modelo es un año, que denotamos por  $t$  al referirnos al tiempo de calendario y por  $i$  al especificar la edad de los agentes/individuos. Las simulaciones se inician en el año  $t_0 = 2001$  y corren hasta el año  $t_3 = 2270$  en que suponemos que se alcanza una senda de crecimiento equilibrado. De este modo nuestra variable de tiempo de calendario,  $t$ , toma valores en el intervalo  $\mathcal{T} = \{t_0, \dots, t_3\}$ . La edad del individuo en el modelo oscila entre los 20 años y una longevidad máxima  $I$ . La cohorte de pertenencia del individuo se denota por  $u = t - i + 1$ , y  $g$  se usa para distinguir a los perceptores salariales dentro del hogar. Calculamos el comportamiento de las cohortes nacidas entre  $u_0 = 1902$  y  $u_1 = 2250$ , de modo que  $u \in \mathcal{U} = \{u_0, \dots, u_1\}$ . Los *agentes* decisores del modelo se constituyen formalmente a partir de los individuos de la economía a la edad de 20 años, cuando los individuos comienzan a incorporarse al mercado laboral conforme van terminando su proceso formativo. Consideramos  $J$  posibles categorías de agentes en función del nivel educativo alcanzado (representado por  $j \in \mathcal{J} = \{1, \dots, J\}$ ). Finalmente, los *RA* también comparten un nivel (inobservable) de valoración relativa del ocio, que se refleja en una edad de jubilación  $\tau \in \{60, \dots, 70\}$  común. De este modo, los decisores del modelo son heterogeneos en la edad de nacimiento, nivel educacional y edad de jubilación, mientras que los individuos del modelo también difieren en su género.

### 3.1. Modelo demográfico

La distribución de la población por edades y origen se genera endógenamente con ayuda de un modelo demográfico sencillo. El objetivo es generar la población por edades, género y origen (dentro/fuera de España) en cada instante de tiempo, tomando como “inputs” las series temporales de los perfiles (por edades) en fecundidad, mortalidad y migraciones a lo largo de nuestro intervalo de simulación,  $\mathcal{T}$ .

La población se clasifica en dos grandes grupos de acuerdo con su lugar de nacimiento: nos referimos a los nacidos en España como “Nativos”,  $N^t$ , mientras que los nacidos fuera de España son “Inmigrantes”,  $M^t$ . Esta diferenciación permite modelizar la llegada de flujos de población desde el exterior, pero es bastante débil en términos de las diferencias efectivas entre grupos. En general, se supone que los hijos de inmigrantes están perfectamente asimilados con la población autóctona. Algunas características de la población de inmigrantes son inobservables (eg. la riqueza disponible) mientras que otras son demasiado complejas de reproducir en un modelo tan estilizado como el aquí implementado (eg. el proceso de formación de familias o la gran diversidad en sus capacidades productivas). En estos casos adoptamos el supuesto simplificador de que sus características son similares a las del resto de la población. Esta es un área del modelo que debe mejorar en versiones futuras del trabajo.

El modelo incluye tres *determinantes* demográficos exógenos: (i) las curvas de fecundidad por edad en cada año de simulación,  $\Theta_i^t$ , (ii) las curvas de mortalidad por edad y cohorte<sup>7</sup>  $hs_i^u$  y (iii) los flujos de inmigrantes de cada edad en cada año de simulación  $F_i^t$ . El número de nacimientos en el año de calendario  $t$  se calcula:

$$N_1^t = \sum_{i=f0}^{f1} \Theta_i^t (N_i^{t-1} + M_i^{t-1}) \quad (2)$$

donde  $f0$  y  $f1$  son las edades mínima y máxima de maternidad. La dinámica poblacional en las edades posteriores se calcula de modo sencillo:

$$N_i^t = hs_i^{t-i+1} N_{i-1}^{t-1} \quad M_i^t = hs_i^{t-i+1} M_{i-1}^{t-1} + F_i^t \quad 1 < i \leq I \quad (3)$$

Las ecuaciones (2) y (3) proporcionan la ley dinámica de la población en el rango inicial de años  $t \in (t_0, t_1)$ . Para cerrar el modelo, se supone el fin del proceso de transición demográfica y la convergencia de los patrones de fertilidad y mortalidad a curvas constantes a partir de  $t_1 = 2100$ . Los flujos de inmigrantes también se apagan progresivamente, de modo que se alcanza una *población estable* en el año  $t_2 = 2200$ . A partir de  $t_3 = 2270$  suponemos convergencia a una senda de crecimiento equilibrado (*balance growth path*) de toda la economía. Estas simplificaciones en el futuro lejano no tienen efectos relevantes durante el intervalo de interés para nuestra simulación (2010/2060).

---

<sup>7</sup>Las diferencias en mortalidad por género se tienen en cuenta en la sección 3.2 al calcular la distribución de individuos dentro de los hogares representativos,  $\pi_{i,g}^t$ . En la simulación demográfica, sin embargo, se usan las tasas promedio.

### 3.2. Agentes Representativos

En el modelo, individuos de la misma cohorte (nacidos en el mismo año  $u$ ) y nivel educativo ( $j$ ) forman hogares al alcanzar la edad de 20 años.<sup>8</sup> Estos hogares pueden ser unipersonales o biparentales (incluyendo un cierto número de hijos que varía con la fertilidad de la cohorte). Los primeros mantienen su carácter mientras forman parte de la simulación, mientras que los segundos se convierten eventualmente en unipersonales debido al efecto de la mortalidad sobre sus componentes. Los individuos también difieren en el valor relativo del ocio, que representamos por el parámetro  $\theta$  y cuya distribución en la sección cruzada,  $F_\theta$ , es invariante en el tiempo.<sup>9</sup> Para simplificar el cálculo de comportamiento, los hogares que comparten cohorte, educación y valor del ocio se agrupan en *agentes representativos* ( $RA$ ) a la hora de tomar decisiones económicas. Los hogares que pertenecen a un  $RA$  “mutualizan” sus ingresos laborales, toman una única decisión de ahorro y jubilación (descrita a continuación), consumen en idéntica medida y comparten la propiedad de la riqueza en que se materializa el ahorro colectivo. Los  $RA$  deciden sus perfiles óptimos de consumo y riqueza de ciclo vital  $c_i^t$  y  $a_i^t$ , con  $t = u + i - 1$ , al tiempo que sus miembros activos abandonan el mercado de trabajo en una misma edad de jubilación,  $\tau^u$ . Tomamos exógenamente las tasas de empleo ( $e_{i,g}^t$ ) y participación ( $\bar{e}_{i,g}^t$ ) de los individuos del  $RA$ , en los años anteriores a la jubilación.

Para calcular el comportamiento se resuelve un problema de control óptimo intertemporal. Las preferencias del agente se representan con un factor de descuento  $\beta < 1$  y una función de utilidad instantánea,  $U(c, \tau|\theta)$ , que tiene como argumentos los perfiles de ciclo vital de consumo y ocio. Éste último depende de  $\tau$  y de los perfiles exógenos de empleo y horas trabajadas por edad. Las funciones de utilidad de los individuos difieren en la valoración relativa del ocio,  $\theta$ . Formalmente, el problema que resuelve el agente de la cohorte  $u$  (omitimos la educación para simplificar la notación) es como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{\tau^u, \{c_i^t, a_i^t\}_{i=20}^I} \quad & \sum_{i=20}^I \beta^{i-1} s_i^u U(c_i^t, \tau^u|\theta) \\ & c_i^t + a_{i+1}^{t+1} = LI_i^t + (1 + \bar{r}^t) a_i^t \quad i \in \{20, \dots, I\} \\ & a_{20}^u = 0 \quad a_I^{u+I-1} = 0; \quad a_i^t \geq 0 \quad \forall i \geq \tau^u \end{aligned} \tag{4}$$

donde  $s_i^u$  es la probabilidad de supervivencia de algún hogar del *agente* hasta la edad  $i$ ,  $LI_i^t$  es la renta laboral neta y  $\bar{r}^t$  representa la rentabilidad del capital neta de impuestos (ie.  $\bar{r}^t = r^t(1 - \varphi^t)$ , con tipo de interés bruto  $r^t$  y tipo del impuesto sobre la renta  $\varphi^t$ ).

---

<sup>8</sup>Simplificamos la distribución de hogares suponiendo un “assortative mating” perfecto, suponiendo igual edad en los cónyuges y obviando las parejas del mismo género. Es improbable que incluir más realismo en este nivel altere sustancialmente los resultados, pero mejorar en esta dimensión es ciertamente posible (sólo exige un mayor esfuerzo de programación y cálculo numérico).

<sup>9</sup>La distribución  $F_\theta$  no cambia con la educación en el modelo. De esta forma, las diferencias en la edad de jubilación entre individuos con distinta educación se debe a los distintos incentivos económicos creados por el sistema de pensiones.

La renta laboral del *agente*,  $LI_i^t$ , es la suma de los salarios y pensiones aportados por cada familia constituyente,  $W_{i,g}^t$ , con  $g = \{1, 2\}$  indicando el cónyuge. Antes de la jubilación, el salario neto del miembro  $g$  responde a la expresión:

$$W_{i,g}^t = (1 - \varphi^t) [w^t e_{i,g}^t \varepsilon_{i,g}^t - \varsigma cov_{i,g}^t] \quad (5)$$

Los salarios brutos se obtienen multiplicando la dotación de *unidades de trabajo eficiente*,  $\varepsilon_{i,g}^t$ , la tasa de empleo,  $e_{i,g}^t$ , y el valor de mercado del tiempo  $w^t$  (que depende de las condiciones agregadas del mercado de trabajo). Las cotizaciones sociales son una proporción fija,  $\varsigma$ , de las bases de cotización  $cov_{i,g}^t$  (definidas en la sección 3.3). La renta laboral del hogar antes de la jubilación incluye ingresos laborales y pensiones de supervivencia:

$$LI_i^t = \pi_{i,1}^t W_{i,1}^t + \pi_{i,2}^t W_{i,2}^t + surv_i^t \quad (6)$$

donde  $surv_i^t$  es la renta obtenida de pensiones de viudedad y  $\pi_{i,g}^t$  es la proporción de familias dentro del *RA* que, en un contexto de mortalidad creciente en la edad, aún conservan al generador de rentas de sexo  $g$  a la edad  $i$ .<sup>10</sup> Utilizando criterios similares, la renta de pensiones de los jubilados es:

$$LI_i^t = \pi_{i,1}^t \xi_{i,1}^t B_{i,1}^t + \pi_{i,2}^t \xi_{i,2}^t B_{i,2}^t + surv_i^t \quad (7)$$

donde  $B_{i,g}^t$  representa las pensiones de jubilación y viudedad del miembro de sexo  $g$  y edad  $i$  (calculada conforme las normas de la sección 3.3) y donde  $\xi_{i,g}^t$  representa la proporción de individuos (de género  $g$  y cohorte  $u = t - i + 1$ ) que cualifican para recibir pensiones de jubilación (una vez más, conforme a las normativas legales presentadas en la sección 3.3). La renta obtenida de las pensiones de supervivencia  $surv_i^t$  se calcula de modo similar antes y después de la jubilación.

Los agentes del modelo ahorran adquiriendo (en distintas proporciones) la propiedad del sistema productivo del país<sup>11</sup> El ahorro se acumula en un activo real convertible en consumo sin costes. El modelo incluye restricciones de crédito en edades avanzadas: la riqueza acumulada neta debe ser positiva a partir de la edad de jubilación, es decir  $a_i^t \geq 0, \forall i \geq \tau^u$ . Estas restricciones están diseñadas para evitar que se pueda anticipar como consumo los ingresos futuros de pensiones (que no se realizarían en caso de fallecimiento antes de  $I$ ). Al principio de la vida, por contra, si se permite el endeudamiento. Finalmente, es claro que sólo las cohortes nacidas después de 1980 resuelven un problema de ciclo vital completo como el descrito en (4). Las cohortes precedentes resuelven un problema similar, pero sólo para la parte de ciclo vital que les resta por vivir en el momento en que se inicial la simulación, y con condiciones iniciales (riqueza, bases reguladoras) distintas de las que aplican a las cohortes que se incorporan a la simulación a la edad de 20 años. Estas condiciones iniciales son observables y, por tanto, constituyen objetivos directos de calibración (que discutimos en la sección 4).

<sup>10</sup>Las rentas de supervivencia son la suma de todas las pensiones de viudedad recibidas por los miembros vivos del *RA*,  $surv_i^t = \sum_{o=1}^{i-1} \sum_{g=1}^2 \bar{\pi}_{o,g}^u cual_{o,g}^u iv_{o,g}^t$  donde  $\bar{\pi}_{o,g}^u$  es la medida de los individuos de género  $g$  y pertenecientes a la cohorte  $u$ , que fallecen a la edad  $o$ ;  $cual_{o,g}^u$  es la proporción de los fallecidos a la edad  $o$  cuyos parientes cualifican para recibir pensiones de viudedad, y  $iv_{o,g}^t$  es el pago de la pensión de supervivencia conforme a la normativa discutida en la sección 3.3.

<sup>11</sup>No hay, por tanto, en el modelo una decisión de cartera derivada de diferencias en la aversión al riesgo, el grado de impaciencia y el “timing” de los flujos de renta en el ciclo vital.

### 3.3. Sistema de pensiones

El núcleo del modelo son las transferencias de pensiones contributivas de jubilación y viudedad del sistema de Seguridad Social, que reproducimos con detalle. También incluimos (aunque con un enfoque más agregado) los otros pagos de pensiones contributivas de la Seguridad Social (Incapacidad laboral permanente, Orfandad y Favor Familiar) y la dinámica agregada de pagos de jubilación y viudedad en el Régimen de Clases Pasivas. El sistema de pensiones contributivas es “de reparto”, es decir, se financia fundamentalmente con las contribuciones de trabajadores y parados. Tres matices a esta caracterización general son que (i) en los últimos años se ha completado la financiación de los complementos de mínimos con cargo al presupuesto general; (ii) que también hay una contribución desde el presupuesto general en nombre de los desempleados, canalizadas a través del Servicio Público de Empleo y (iii) que el sistema tiene un pequeño componente de capitalización en forma de un Fondo de Reserva que invirtió parte de los excedentes históricos del sistema en (esencialmente) Deuda Pública.

#### 3.3.1. Cotizaciones al sistema

Comenzamos los detalles de modelización discutiendo la financiación del sistema. En el modelo, las cotizaciones sociales son una proporción fija  $\varsigma$ , de sus *bases de cotización*,  $cov_i^t$ . Suponemos que estas últimas coinciden con los ingresos laborales brutos, salvo por la presencia de mínimos y máximos legales ( $C_m^t$  y  $C_M^t$ ), que son determinados anualmente por el gobierno.<sup>12</sup> La sección 4.3.3 revisa con detalle la inclusión de los distintos tipos de topes legales en el modelo. Tras la reforma de 2013, los ingresos de cotizaciones y otras fuentes de financiación del Sistema son un elemento importante en la determinación de la revalorización anual de los pagos de pensiones. El nuevo modelo de revalorización se presenta a continuación (sección 3.3.4), dejando sus detalles de calibración para la sección 4.5.3.

#### 3.3.2. Pensión de jubilación individual

Para tener derecho a recibir una pensión de jubilación, los trabajadores deben tener un historial contributivo suficientemente largo ( $h \geq 15$ ). La pensión puede cobrarse una vez alcanzada la Edad de Primer Cobro,  $\tau_m$ , siempre que la persona abandone sus actividades laborales.<sup>13</sup>

La fórmula de determinación de la pensión para el individuo de la cohorte  $u$  que se jubila a la edad  $\tau$  con  $h$  años cotizados es:

$$b(\tau, h, u) = FS_{u+\tau-1} \alpha^E(\tau) \alpha^H(h) \left( \frac{\sum_{e=\tau-D}^{\tau-1} cov_e^{u+e-1}}{D} \right) \quad (8)$$

La fórmula combina cuatro factores: una *base reguladora* (una media móvil de las bases contributivas en los  $D$  años que preceden a la jubilación); el Factor de Sostenibilidad en el año de la jubilación,  $FS_t$ ; y dos tasas de reposición lineales:  $\alpha^E(\tau)$  asociada a las penalización de

<sup>12</sup>El modelo simplifica considerablemente el proceso de cotización de los trabajadores desempleados. Suponemos, inspirándonos en el programa especial para mayores de 52 años (55 tras la última reforma) que se cotiza por la base mínima, con independencia de la duración del período de desempleo. Futuras versiones del modelo deben mejorar la reproducción de este componente del modelo.

<sup>13</sup>Tras la reforma de 2013 se permite compatibilizar la renta laboral con una parte de la renta en pensiones. Esta medida no ha sido incorporada en la simulación actual.



jubilación anticipada y  $\alpha^H(h)$  asociada a las penalizaciones de historial contributivo incompleto.<sup>14</sup> La Edad Normal de jubilación,  $\tau_N$ , es aquella en la que no se produce penalización de jubilación anticipada ( $\alpha^E(\tau_N) = 1$ ). La estructura detallada de las tasas de reposición es como sigue:

- Las penalizaciones de jubilación anticipada se representan con la estructura  $\alpha^E(\tau)$ . Por cada año que se anticipa la jubilación respecto de la Edad Normal,  $\tau_N$ , se reduce la prestación final un porcentaje  $\Delta \alpha^E$ . Superada la Edad Normal, se concede un “bonus”  $\Delta \alpha_{\tau_N}^E$ .

$$\alpha^E(\tau) = \begin{cases} \alpha_0^E + \Delta \alpha^E (\tau - \tau_m) & \text{si } \tau \in \{\tau_m, \dots, \tau_N\} \\ 1,0 + \Delta \alpha_{\tau_N}^E (\tau - \tau_N) & \text{si } \tau > \tau_N \end{cases} \quad (9)$$

Los parámetros de las tasas de reposición han cambiado con las últimas reformas. Antes de la reforma de 2011,  $\Delta \alpha_{\tau_N}^E$  tomaba valores entre el 6 y el 7.5% dependiendo de la longitud de la vida laboral. Tras la reforma se ha impuesto un valor único del 7.5% (para aquellos con al menos 33 años de contribuciones).<sup>15</sup>

- La tasa de reposición  $\alpha^H(h)$  representa las penalizaciones derivadas de historiales laborales incompletos (menos de 35 años contribuidos, cifra elevada a 37 años después de la reforma de 2011). Antes de la reforma se aplicaba un sistema por tramos con penalizaciones más severas para aquellos con carreras laborales más cortas ( $\Delta \alpha_1^H > \Delta \alpha_2^H$ ):

$$\alpha^H(h) = \begin{cases} \alpha_0^H + \Delta \alpha_1^H (h - 15) & \text{si } h \in \{15, \dots, 25\} \\ \alpha_1^H + \Delta \alpha_2^H (h - 25) & \text{si } h \in \{25, \dots, 35\} \\ 1,0 & \text{if } h \geq 35 \end{cases} \quad (10)$$

Específicamente, los valores aplicados eran  $\alpha_0^H=0.5$ ;  $\alpha_1^H=0.8$ ,  $\Delta \alpha_1^H=0.03$ ,  $\Delta \alpha_2^H=0.02$ . Tras la reforma de 2011 se cambió a una tasa de penalización constante, manteniendo  $\alpha_0^H$  en el 50% y considerando 37 como el historial laboral completo que no genera penalización.<sup>16</sup>

El “Factor de Sostenibilidad” es el último de los componentes de la pensión individual. Comenzando en 2019, la pensión de jubilación inicial se reducirá conforme a los aumentos observados en la esperanza de vida (en relación a los valores existentes 5 años antes):

$$I_t^{FS} = [ev_{67}^{t-7}/ev_{67}^{t-2}]^{1/5} \quad (11)$$

donde  $ev_{67}^s$  representa la esperanza de vida implícita en las tablas de mortalidad de la Seguridad Social a la edad de 67 años en el año de calendario  $s$ . El efecto de los cambios introducidos en las últimas reformas (BOE (2011) y BOE (2013)) se estudian en la sección 6 de Sánchez-Martín (2017).

<sup>14</sup>En el mundo real se actualizan por inflación los retardos situados a más de dos años del instante de cálculo. Por sencillez (todo el modelo se construye en términos reales) suponemos que todos los retardos en la base de cotización están ajustados en términos reales.

<sup>15</sup>Los nuevos coeficientes se incorporan progresivamente en el sistema desde el anuncio de la reforma en 2011 hasta el 1 de enero de 2027. En el modelo, sin embargo (y excepcionalmente), consideramos la aplicación inmediata de este aspecto de la nueva legislación.

<sup>16</sup>También se introduce el concepto de *carrera laboral completa* a efectos de mantener la edad normal de jubilación en 65 años si se alcanzan 38.5 años cotizados. Este aspecto está pendiente de incluir en el modelo.

### 3.3.3. Cobro anual por pensiones de jubilación

El pago efectivo asociado a la pensión descrita en la expresión (8) está sujeto a topes legales determinados anualmente: un máximo,  $bM^t$ , y un mínimo  $bm^t$  cuyo valor depende de la edad (antes o después de la Edad Normal) y de la presencia de un cónyuge dependiente en el hogar. El pago efectivo recibido en el año  $t$  por un individuo de la cohorte  $u = t - i + 1$  sería:

$$ib_i^t(\tau) = \min\{bM^t, \max\{bm^t, b(\tau, h, t - i + 1)\}\} \quad (12)$$

También ha cambiado profundamente en la última reforma la indicación del pago de la pensión, que hasta 2013 estaba vinculado a la evolución del Índice General de Precios de Consumo y que ahora se vincula al estado financiero del sistema mediante un nuevo índice de Revalorización de pensiones (IRP) que describimos a continuación.

### 3.3.4. Modelización del IRP

La fórmula implementada para la tasa de crecimiento en el año  $t$  del valor del stock de pensiones preexistentes,  $g_{t+1}$ , es:

$$g_{t+1} = \bar{g}_{I t+1} - (\bar{g}_{p t+1} + \bar{g}_{s t+1}) + \alpha \left( \frac{\bar{I}_{t+1} - \bar{G}_{t+1}}{\bar{G}_{t+1}} \right) \quad (13)$$

donde  $g_{t+1}$  es el Índice de Revalorización (aplicable a todas las pensiones del sistema),  $g_{p t+1}$  es la tasa de crecimiento del número de pensiones contributivas,  $g_{s t+1}^s$  es el efecto de sustitución,  $g_{t+1}^I$  es la tasa de crecimiento de los ingresos, y  $G$  e  $I$  representan los gastos e ingresos agregados del sistema. Las barras encima de las variables indican que se trata de medias durante un ciclo económico de 10 años (11 sumandos).

La expresión (13) surge de la linealización de la siguiente condición:

$$(1 + g_{t+1}) = \frac{1 + g_{t+1}^I}{(1 + g_{t+1}^P)(1 + g_{t+1}^s)} \frac{I_t}{G_t} \quad (14)$$

que hace explícito el valor de  $g_{t+1}$  que garantiza el equilibrio en el saldo financiero del sistema en el período  $t + 1$ :

$$G_{t+1} = I_{t+1} \Leftrightarrow G_t(1 + g_{t+1})(1 + g_{t+1}^P)(1 + g_{t+1}^s) = I_t(1 + g_{t+1}^I)$$

Simplificando algo, podemos visualizar la primera fracción de (14) como la parte del IRP que responde a la dinámica en el saldo del sistema (“componente de dinámica”), mientras que la segunda fracción captaría la sensibilidad del IR al nivel del desequilibrio existente en la actualidad (“componente de saldo actual”). Las barras superiores en la fórmula (13) indican que el mecanismo aprobado en la realidad se suaviza a lo largo de todo un ciclo económico de tres maneras: (i) aplicando medias móviles de 11 períodos a las tasas de crecimiento; (ii) aplicando una media móvil geométrica de 11 años a  $\frac{I_t}{G_t}$  y (iii) corrigiendo sólo una fracción  $\alpha = 1/5$  del desequilibrio corriente ( $\frac{I_t}{G_t}$ ) en cada período. Finalmente,  $g_{t+1}$  queda sujeto a topes tanto superiores como inferiores en sus valores nominales anuales del 0.5 (más la inflación) y del 0.25 % respectivamente. En consecuencia, con una tasa de inflación anual  $\pi_t$  se toleraría hasta una caída de  $\pi_t - 0,25\%$  en el poder de compra real de las pensiones en cada período.

El IRP presenta un problema de circularidad en su cálculo (estudiado en, por ejemplo, Moral-Arce and Geli (2015)). Esto no supone un problema para su obtención en el modelo de equilibrio. Los detalles de cálculo se presentan en la sección A.1 del Apéndice.

### 3.3.5. Pensiones de supervivencia

El sistema también provee pensiones de supervivencia para viudos y viudas (cuya percepción está sujeta a un conjunto bastante laxo de restricciones). Su funcionamiento es similar al de las pensiones individuales en su carácter de “prestación definida” (se calculan conforme a una fórmula explícita), en que se actualizan anualmente (por inflación antes de 2013 y con el nuevo IRP después de la reforma de 2013); y en que están acotadas inferiormente por un pensión mínima calculada anualmente,  $bm_V^t$ . También se contabilizan a la hora de determinar si los cobros totales de pensiones superan la pensión máxima anual. En el mundo real, la pensión inicial es una función compleja de las circunstancias familiares en el momento del fallecimiento. En el modelo, simplificamos esta complejidad institucional de dos maneras: (i) aplicamos una tasa de reposición fija  $\alpha^V$  a la *base reguladora* del cónyuge fallecido y (ii) suponemos que todos los esposos supervivientes reciben el pago de su pensión a partir de la edad  $\tau_m^v$  que calibramos para reproducir las estadísticas de gasto agregado por este concepto.

### 3.3.6. Saldo del Sistema

La diferencia entre ingresos y gastos del sistema de pensiones (es decir, su saldo neto) tiene interés tanto a nivel puramente informativo como en términos de la operativa del sistema. En primer lugar, por su relación con el Fondo de Reserva, cuyo stock de activos acumulados representamos por  $F^t$ . El fondo recibe todo o parte de los excedentes del sistema de pensiones cuando existe superávit y cubre parte de los gastos cuando se dan situaciones de déficit. La regla dinámica de comportamiento del Fondo tiene que depender del saldo total o de alguno de los sub-saldos del sistema. Dado que el Fondo interactúa con los otros componentes del presupuesto público relegamos su estudio al final de la sección siguiente, una vez presentadas las otras partidas de gastos e ingresos públicos. Por otra parte, la fórmula del IRP discutida en las secciones precedentes (expresión (13)) combina diversas partidas de gastos e ingresos a la hora de calcular la tasa de revalorización anual de las pensiones existentes. Finalmente, nuestro Índice de Salud Financiera del sistema (ISF, definido en la sección 4.5.4) también opera sobre sub-saldos del sistema completo de la Seguridad Social.

$GPEN_s=$		Gasto en pensiones contributivas de Jub. y Viud.
$G_OTRS=$		Gasto en otras trasferencias contributivas
$G_Adm=$		Gasto en administración
$G_Otro=$	$G_OTRS+G_Adm$	Otro gasto (excluye pen. contrib. Jub. y Viud)
$GTO=$	$GPEN_s+G_Otro$	Gastos totales del sistema de pensiones
$COT=$		Cotizaciones sociales
$PMIN_TR=$		Gasto en complemento de mínimos
$I_Otros=$		Otros Ingresos del sistema
$ING=$	$COT+PMIN_TR+I_Otros$	Ingresos totales del sistema de pensiones

Cuadro 1: Componentes de gasto e ingresos del sistema de Seguridad Social.

Para las secciones que siguen, resulta interesante definir dos conceptos de saldo (toda la notación utilizada se presenta en la Tabla 1):

- Saldo del Sistema Contributivo de la Seguridad Social (SSC) en el período  $t$ :

$$\begin{aligned}
 SSC^t &\equiv && ING^t - GTO^t \\
 &\equiv && COT^t + PMIN\_TR^t + I\_Otros^t - (GPEN_s^t + G\_Otros^t)
 \end{aligned} \tag{15}$$

- Saldo del subsistema de pensiones (SSP) en el período  $t$ :

$$SSP^t \equiv COT^t + PMIN\_TR^t - G\_OTRS - (GPEN_s^t + G\_Adm^t) \tag{16}$$

Suponemos que los gastos asociados a partidas diferentes a pensiones se satisfacen en primer lugar, de modo que los extraemos directamente de los ingresos disponibles para pensiones (cotizaciones y trasferencias de la Administración Central para el pago de pensiones mínimas). Entre los gastos, sólo añadimos los gastos administrativos a los gastos de pensiones.

El cálculo de nuestro índice ISF se apoya fundamentalmente en el saldo del subsistema de pensiones, mientras que para la dotación del fondo de reserva y para el cálculo del IRP utilizamos el saldo del sistema completo. La aplicación de éste último en el modelo y sobre los datos reales del sistema de Seguridad Social se presenta en las Tablas 6 y 7 de la sección 4.5.2.

### 3.4. Modelo del resto del Sector Público

Las funciones adicionales que realiza el sector público son modelizadas de modo muy estilizado. El Estado se encarga de la provisión de una cierta cantidad de bienes públicos, financiados con impuestos y con emisión de Deuda Pública. El Consumo Público,  $CP^t$ , representa el gasto agregado realizado desde las instituciones públicas (incluyendo gastos de funcionamiento del aparato estatal y algunas transferencias no modelizadas explícitamente). El stock de deuda pública pendiente de amortizar se representa por  $D^t$ . La recaudación fiscal se implementa por medio de un impuesto lineal sobre las rentas de la economía. Revisamos cada uno de estos factores a continuación.

- **Ingresos fiscales.**

El sistema fiscal real es muy complejo y está en permanente evolución, pero a efectos de nuestra simulación es razonable (como primera aproximación) utilizar un impuesto lineal sobre todas las rentas de la economía.<sup>17</sup> El modelo calcula anualmente un único tipo impositivo,  $\varphi^t$ , que permite cumplir todas las necesidades fiscales del estado (derivadas de una restricción presupuestaria discutida más adelante). Las herencias generadas en el modelo también son objeto de imposición (al 100%).<sup>18</sup> El valor agregado de lo recaudado con este segundo impuesto se representa por  $BI^t$  (del inglés “Income from Bequests”).

- **Gasto Público**

Engloba todas las actividades de las distintas administraciones públicas (provisión de bienes y seguros públicos, otras transferencias, gastos de funcionamiento, etc) diferentes a las mencionadas en la sección precedente. Su composición se discute con detalle en el apartado de calibración correspondiente de la sección 4.6.

- **Política de endeudamiento**

Suponemos que el sector público paga un tipo de interés anual  $r^d$  sobre el stock de deuda pública en vigor en cada período,  $D^t$ .<sup>19</sup> No se hace el intento de modelizar la estructura de vencimientos de la deuda. Simplemente la visualizamos como títulos de deuda anuales, de modo que el gobierno decide en cada período el tamaño del stock para el período siguiente. La política de amortización de esta deuda tiene un componente intergeneracional que la liga íntimamente a las decisiones relativas al sistema de pensiones (ver, por ejemplo, Bohn (2001)). No es este, sin embargo, el único componente de la realidad ausente en el modelo (las necesidades financieras inmediatas y los ciclos político/electorales son mucho más determinantes de las decisiones fiscales reales que “esotéricas” consideraciones de balance entre generaciones). Por esta razón, condicionamos nuestra simulación a una trayectoria exógena del valor de este stock en proporción al PIB. Los valores concretos de esta política de deuda se muestran en la sección 4.6. También se toma exógenamente la trayectoria de  $r_t^d$ . Nuestro caso base no contempla nuevas situaciones de crisis similares a las experimentadas en 2012.

- **Política de dotación del Fondo de Reserva**

Desde el año 2003, una pequeña parte del superávit del sistema de pensiones se ha utilizado para dotar un fondo de reserva. Al contrario que la mayoría de países con

---

<sup>17</sup>La falta de progresividad es quizás el aspecto más insatisfactorio de esta simplificación, tanto por sus aspectos redistributivos como de distorsión de la oferta de trabajo. Futuras versiones del trabajo deben atender esta deficiencia del modelo actual.

<sup>18</sup> De nuevo, se trata de un supuesto extremo, pero de una gran conveniencia técnica, ya que con ello se evita modelizar la transmisión de renta entre generaciones.

<sup>19</sup>Deuda en manos de agentes no residentes (salvo la parte mantenida en el Fondo de Reserva). Recuérdese que no hay decisión de cartera en el modelo.

“fondos soberanos”, los fondos se ha invertido mayoritariamente en instrumentos de renta fija emitidos por el Tesoro local. En el modelo, representamos el stock de fondos acumulados con  $F^t$  y el interés anual generado con  $r_F^t$ . La política de dotación resulta en la serie temporal  $DFR^t$ . Durante la fase histórica en que el sistema tuvo superávit  $DFR^t$  fue una proporción (cambiante en el tiempo) del mismo. Durante la fase de déficit ha tendido a asumir la totalidad de la diferencia entre gastos e ingresos<sup>20</sup>) La dinámica general del fondo responde a la ecuación:

$$F^{t+1} = (1 + r_F^t) F^t + DFR^t \quad (17)$$

La diferencia entre el saldo del sistema de seguridad social y la dotación al fondo de reserva se trasfiere al presupuesto general del Sector Público. Formalmente, la **transferencia de la Seguridad Social**,  $TSS^t$ , se obtiene:

$$TSS^t = SSC^t - DFR^t \quad (18)$$

Cuando los saldos de pensiones son positivos durante la proyección futura suponemos que una parte del superávit se acumula en el Fondo (la media de las tasas de acumulación históricas). Cuan los saldos son negativos (la situación más habitual en los últimos años), suponemos la utilización progresiva de los recursos del Fondo de Reserva en el pago de pensiones corrientes. En esta situación tanto  $SSC^t$  como  $DFR^t$  toman valores negativos. Desconocemos de que manera se aplicará el fondo en el futuro, de modo que debemos hacer una conjetura sobre la velocidad de descarga del Fondo. El comportamiento en los años recientes sugiere una descarga en cuantía similar al déficit anual, de modo que se evita una transferencia negativa de la Seguridad Social. Lógicamente, una vez que el fondo se agota todo el déficit pasa a ser transferido al presupuesto general.

■ **La restricción presupuestaria pública.**

El gobierno gestiona su política impositiva de modo que disponga de ingresos suficientes para atender a todas sus **Necesidades Fiscales Anuales**,  $NFA^t$ :

$$NFA^t = CP^t + r^d D^t - (D^{t+1} - D^t) - TSS^t - BI^t \quad (19)$$

El tipo impositivo  $\varphi^t$  es la única variable de control usada por el gobierno para alcanzar este fin (ya que, como hemos indicado en los apartados precedentes, las políticas de gasto, deuda y fiscalidad de las herencias se toman como dadas respecto de las decisiones fiscales anuales). El equilibrio se calcula determinando primero las necesidades fiscales corrientes  $NFA^t$  y el conjunto de las rentas anuales, y calculando en segundo lugar el tipo impositivo que permite alcanza el equilibrio entre ambas. Esto supone resolver un problema de punto fijo para la totalidad de la economía (ya que tanto la renta agregada como los ingresos de herencias varían con el tipo impositivo en el modelo).<sup>21</sup> En la sección 4.6, al discutir la calibración de los procesos exógenos del gasto público y la dinámica de la deuda del Estado, se presentan otras representaciones de la restricción presupuestaria pública (con una notación más cercana a la usada habitualmente al tratar cuestiones de hacienda pública).

<sup>20</sup>Con algunas pequeñas cargas adicionales, como los pagos de diversas bonificaciones a la contratación.

<sup>21</sup>El modelo opera bajo los supuestos de racionalidad e información perfecta habituales en los modelos de macroeconomía de equilibrio: los agentes individuales anticipan las trayectorias fiscales y resuelven sus decisiones de ahorro/consumo y jubilación dependiendo de los ingresos netos generados. Con ello se forman las series temporales del stock de capital y trabajo, que determinan las rentas laborales y del ahorro y la formación de herencias en cada período.

### 3.5. Producción y Oferta

Concluimos la presentación de los distintos componentes del modelo económico resumiendo el “lado de la Oferta” de la economía. Éste es particularmente sencillo: suponemos que la producción responde a una tecnología agregada,  $F(K, L)$ , con rendimientos constantes de escala, que opera sobre la cantidad agregada de trabajo y capital de la economía.  $L$  representa la cantidad de trabajo “eficiente”, donde suponemos que la productividad de cada trabajador cambia en el tiempo (crecimiento técnico exógeno y “aumentador del trabajo”). Representamos el estado tecnológico por el índice  $A^t$  y su tasa de crecimiento anual por  $\rho^t$ . Los factores productivos se ajustan anualmente sin costes en términos de producción. Sus cuantías la determina la oferta de capital y trabajo de los individuos que, a su vez, depende de las series temporales de salarios,  $w^t$ , tipos de interés,  $r^t$ , y tipos impositivos que ajustan el presupuesto público,  $\varphi^t$ . Los precios se forman en mercados competitivos. La sección siguiente formaliza estas relaciones como parte de la definición de la noción de equilibrio de la economía.

### 3.6. Definición de Equilibrio

La simulación del modelo (conjunto de series temporales que se calculan endógenamente en el intervalo de simulación  $\mathcal{T} = \{t_0, \dots, t_3\}$  se construye respetando las siguientes propiedades:

- Población: los agregados poblacionales y su distribución por edad responden al modelo de la sección 3.1.
- Racionalidad: Los agentes representativos del modelo resuelven su problema de consumo/ocio de ciclo vital, formando expectativas racionales sobre todas las variables futuras presentes en los mismos (precios, magnitudes públicas, etc).
- Vaciado de los mercados de factores: la agregación del ahorro y del trabajo efectivo ofrecido por los agentes equivale al total de factores utilizado en la producción.

$$K^t = \sum_{j=1}^J \sum_{i=20}^{I-1} \sum_{\tau=\tau_m}^{\bar{\tau}} \mathcal{P}_{i,j,\tau}^t a_{i,j,\tau}^t \quad L^t = A^t H^t \quad H^t = \sum_{j=1}^J \sum_{i=20}^{\tau_j-1} \sum_{\tau=\tau_m}^{\bar{\tau}} \mathcal{P}_{i,j,\tau}^t l_{i,j,\tau}^t \quad (20)$$

$\mathcal{P}_{i,j,\tau}^t$  es el número de agentes de edad  $i$ , educación  $j$  y edad de jubilación  $\tau$  (derivada del valor inobservable del ocio) en el período  $t$ .  $l_{i,j,\tau}^t$  es la oferta de unidades de trabajo eficiente de los agentes representativos:  $l_{i,j,\tau}^t = \sum_{g=1}^2 l_{i,j,\tau,g}^t = \sum_{g=1}^2 \pi_{i,g}^u \varepsilon_{i,j,g}^t \mathbf{1}(i \leq \tau)$  (donde  $\pi$  se define como en la sección 3.2,  $\varepsilon$  se define en la sección 4.2 y  $\mathbf{1}(i \leq \tau)$  representa una función indicatriz del evento  $i \leq \tau$  (se trabaja a la edad  $i$ ). La edad más tardía posible de jubilación se representa por  $\bar{\tau}$ .

- Los precios de los factores ajustan oferta y demanda (productividad marginal):

$$r + \delta = \frac{\partial F}{\partial K}(K^t, L^t) \quad w^t = \frac{\partial F}{\partial H}(K^t, L^t)$$

Los tipos de interés de la deuda,  $r^d$  y de los activos del fondo de reserva  $r_F^t$  se toman exógenamente.

- El Sector Público determina las series temporales de los “topes” legales del sistema de pensiones:  $\{bm^t, bM^t, C_m^t, C_M^t\}$  (pensiones mínimas y máximas y bases contributivas mínimas y máximas). También determina las normas necesarias para determinar las series de ingresos y gastos “no contributivos” del sistema de pensiones  $\{G_O^t, I_O^t\}$ .

- Respeto de la restricción presupuestaria del gobierno período a período: el tipo del impuesto sobre las rentas,  $\varphi^t$ , se fija cada año de tal modo que la recaudación fiscal (RF) iguale las necesidades fiscales anuales (NFA).

$$RF^t(\varphi^t) = CP^t + r^d D^t - (D^{t+1} - D^t) - TSS^t - BI^t$$

con

$$RF^t(\varphi^t) = \varphi^t \sum_{j=1}^J \sum_{i=\tau_j}^I \sum_{\tau=\tau_m}^{\bar{\tau}} \mathcal{P}_{ij\tau}^t inc_{ij\tau}^t \quad BI^t = \sum_{j=1}^J \sum_{i=20}^{I-1} \sum_{\tau=\tau_m}^{\bar{\tau}} (1-hs_{i,j}^{t-i}) \mathcal{P}_{ij\tau}^{t-1} a_{i+1j\tau}^{t-1}$$

donde  $inc$  representa la renta total de los agentes representativos  $inc_{ij\tau}^t = LI_{ij\tau}^t + r^t a_{i,j\tau}$

La Trasferencia de la Seguridad Social  $TSS^t$  se define en la eq (18), los Saldos del sistema de pensiones en la eq (15), la dinámica del Fondo de Reserva en la eq (17), y las contribuciones sociales agregadas se calculan:

$$COT^t = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{\tau_j} \sum_{\tau=\tau_m}^{\bar{\tau}} \mathcal{P}_{ij\tau}^t cot_{ij\tau}^t$$

Finalmente, el gasto en pensiones contributivas/ pensiones mínimas se calcula:

$$G_{JV}^t = \sum_{j=1}^J \sum_{i=\tau_j}^I \sum_{\tau=\tau_m}^{\bar{\tau}} \mathcal{P}_{ij\tau}^t \bar{ib}_{ij\tau}^t \quad G_{JV}^{mt} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=\tau_j}^I \sum_{\tau=\tau_m}^{\bar{\tau}} \mathcal{P}_{ij\tau}^t ibm_{i\tau}^t$$

donde  $\bar{ib}_{ij\tau}^t$  represente la cuantía total de pensiones recibida por el agente representativo considerado excluyendo el complemento de mínimos. Los pagos generados por éste se representan por  $ibm_{i\tau}^t$ .

- Los macro-agregados cumplen una restricción de factibilidad agregada:

$$Y^t + (1 - \delta) K^t + BI^t = K^{t+1} + BI^{t+1} + CPRI^t + CP^t$$

Donde  $CPRI^t = \sum_{i=20}^I \sum_{j=1}^J \sum_{\tau=\tau_m}^{\bar{\tau}} \mathcal{P}_{ij\tau}^t c_{ij\tau}^t$  representa el consumo privado de la economía.

La senda de crecimiento equilibrado a la que converge el equilibrio al final de la simulación se define como una versión estacionara de las mismas propiedades antes enumeradas.



### 3.7. Mejoras respecto a versiones previas del modelo

El modelo de equilibrio general presentado en las secciones previas constituye la última evolución en una historia de quince años de desarrollo progresivo. La primera versión del modelo se presentó al premio del centenario del nacimiento de la Seguridad Social (Sánchez-Martín (2000)) y constituyó la base del capítulo 4 de la tesis doctoral del autor (Sánchez-Martín (2002)). La primera publicación académica basada en el modelo extendía la versión original con decisiones de horas trabajadas endógenas (Sánchez-Martín (2010)). Otra línea de trabajo

(Sánchez-Martín and Sánchez-Marcos (2006) y Sánchez-Martín (2012)) exploró la heterogeneidad regional en el estado financiero del sistema de pensiones. La evolución más importante a efectos del proyecto actual fue la modelización de las decisiones en un contexto familiar incluyendo pensiones de supervivencia (Sánchez-Martín and Sánchez-Marcos (2010)). Éste es el núcleo central a partir del cual se desarrolló el documento de trabajo del Banco de España (Sánchez-Martín (2014)) que constituye el precedente más inmediato del trabajo actual. En este proyecto extendemos esa última versión tanto en términos de modelización como en términos de la calibración de referencia del modelo. Respecto de la modelización, destacamos los siguientes cambios:

- La nueva simulación completa la primera versión programada del IRP, que se basaba exclusivamente en los ingresos y gastos en pensiones contributivas. Ahora se incluye una modelización más completa de los ingresos y gastos que determinan el estado financiero del sistema (en términos de flujos) y las tasas de crecimiento de sus determinantes conforme a la fórmula legal.
- Se ha mejorado el modelo de proyección de las pensiones de Incapacidad Permanente, Orfandad y Favor Familiar.
- Se ha incorporado la extinción progresiva del Régimen de Clases Pasivas del Estado.
- Se han cambiado los modelos reducidos que controlan el comportamiento de los años cotizados y tasas de cobertura de pensiones por cohorte. En la versión anterior se establecía una proporcionalidad directa con los aumentos programados en las tasas de empleo de ciclo vital de los agentes considerados. En la nueva versión se utiliza un modelo histórico para las cohortes anteriores a 1940 y un modelo auto-regresivo (que incorpora implícitamente información sobre las prácticas administrativas en las condiciones iniciales del sistema) para las cohortes posteriores.
- La simulación sigue reproduciendo las tasas agregadas de empleo proyectadas por el AWG, pero su descomposición por educación, edad y género ha sido mejorada.
- Mejoran algunos detalles de la modelización del sistema de pensiones:
  - Aplicación de la pensión máxima a nivel familiar.
  - Se suaviza la entrada en vigor del retraso en la edad de primer cobro de 60 a 61 para las cohortes posteriores a los Mutualistas de 1967 (se permite salida a los 60 hasta la cohorte nacida en 1950)
  - Mejora en el reflejo de las contribuciones del desempleo en la base reguladora de los Agentes Representativos
- Se desarrollan algunos elementos del marco económico, permitiendo variación en el tiempo de la serie de inflación, en algunos parámetros macro (tasas de depreciación, peso de la remuneración del capital en la función de producción) y en series institucionales como las series dinámicas de los topes legales del sistema de pensiones.

La *calibración* del modelo ha experimentado una transformación muy importante:

- Se hace un esfuerzo mucho más importante en incorporar toda la información disponible en el intervalo 2001/2014. Esto se refleja en la reproducción de las pensiones y bases reguladoras iniciales de las pensiones de jubilación y viudedad; en el número y valores medios de las pensiones de incapacidad permanente, viudedad y orfandad y en las pensiones del Régimen de Clases Pasivas; en la reproducción de las edades de jubilación de las cohortes históricas; en el reproducción (a partir de los microdatos de la MCVL) de los años cotizados y tasas de cobertura del sistema. También se ha mejorado la reproducción de aspectos agregados como la dinámica del Fondo de Reserva, la dinámica de los topes legales de pensiones y bases contributivas o la actualización por inflación.
- Se incorpora una nueva calibración de la proporción salarial no reflejada en las bases contributivas, utilizando información de la MCVL;
- Se ha cambiado el objetivo de calibración de los shocks de productividad al objeto de reproducir del mejor modo posible la dinámica de los salarios por empleado.
- El salario de “ancla” del modelo con los datos pasa a ser la cifra de remuneración por empleado de Contabilidad Nacional en 2011.

También se ha realizado un esfuerzo por presentar las cuentas del sector público de un modo más próximo a la realidad institucional. Esto es especialmente notable en relación a los ingresos, gastos y correspondientes saldos de la seguridad social y del conjunto de las administraciones públicas.

Además, se explora una nueva métrica de la situación financiera del sistema de pensiones: el Índice de Salud Financiera, ISF (logaritmo del ratio entre los ingresos y los gastos del sistema).<sup>22</sup> En el trabajo desagregamos los distintos factores que determinan el comportamiento del ISF y estudiamos su dinámica. Finalmente, se han actualizado los escenarios demográficos, de mercado de trabajo y de productividad, y se ha actualizado la simulación de referencia del proyecto al último ejercicio de proyección del AWG.

Es important notar que algunos de los supuestos subyacentes a la simulación base en el trabajo actual son también diferentes de los utilizados en la simulación del Banco de España. No es sorprendente, por esta razón, que los resultados cuantitativos difieran de los encontrados en el trabajo inmediatamente precedente. Una diferencia especialmente importante radica en que en el trabajo actual se indexa completamente la pensión mínima al IRP (de modo que no se proporciona ninguna protección especial a las pensiones más bajas).

---

<sup>22</sup>Una descripción detallada de este nuevo indicador se encuentra en De La Fuente et al. (2017).

## 4. Calibración

Presentamos la calibración del modelo demográfico (4.1) y de los distintos componentes del modelo económico: mercado de trabajo y educación (4.2), pensiones (4.3, 4.4 y 4.5), resto del sector público (4.6) y agregados macroeconómicos (4.7). En general, discutimos primero en cada apartado la reproducción de las condiciones observadas en el intervalo 2001/2014. En segundo lugar se presentan las hipótesis aplicadas durante la senda de simulación, típicamente entre 2015 y 2060.

### 4.1. Demografía

Nuestro modelo OLG utiliza un período de referencia anual en sus simulaciones y supone que las personas pueden vivir un máximo de 100 años de acuerdo con unas tablas de mortalidad específicas para cada cohorte. Este modelo se utiliza de dos formas distintas durante la simulación:

- En el intervalo observable 2001/2013 el modelo toma exógenamente los datos INE de (i) población por edades (*Cifras de Población*), (ii) nacimientos por año y edad y (iii) defunciones por año, género y edad. La coherencia en la dinámica interna del modelo, dada toda esta información externa, se garantiza ajustando endógenamente los flujos de inmigrantes. El buen funcionamiento del modelo se comprueba observando que los valores resultantes están próximos a los datos reales en la *Estadística de Migraciones* 2002-2012 del INE.
- A la hora de proyectar los comportamientos futuros, dejamos que el modelo genere endógenamente las cifras de población a partir de perfiles calibrados de fecundidad, mortalidad y migraciones. La sección siguiente (4.1.1) describe estos perfiles, mientras que la sección 4.1.2 revisa los resultados de proyección generados por el modelo y comprueba su ajuste a las proyecciones utilizadas por el AWG.

#### 4.1.1. Fundamentos demográficos: fecundidad, mortalidad y migraciones

La filosofía general que aplicamos a la calibración del modelo demográfico es tratar de reproducir la proyección poblacional de Eurostat 2013/2080 Eurostat (2013), que es utilizada como marco demográfico en la proyección del *Aging Working Group* (AWG). Los detalles pueden consultarse en European-Commission (2015). Es un escenario más favorable que el utilizado en las proyecciones de población a largo plazo (2014-2064) en INE (2016), aunque en este documento sólo revisamos los detalles de nuestro modelo demográfico y de la proyección de Europop. La comparación con la simulación del INE se aborda con mucho detalle en Sánchez-Martín (2017).

Los Gráfico 1 a 4 muestran el comportamiento de los principales determinantes demográficos de una población: su fecundidad, mortalidad y sus flujos migratorios. Sus rasgos más destacados son como sigue:

- Fecundidad: Adoptamos las curvas de fertilidad por edad de la proyección de Europop a lo largo de toda la senda de simulación. El panel izquierdo del Gráfico 1 muestra dos ejemplos concretos de estas curvas: las correspondientes a 2014 y 2050. Vemos que se modeliza un retraso bastante modesto en el calendario de fecundidad y una recuperación apreciable en la tasa de fertilidad de ciclo vital. Éste último aspecto se capta con el Indicador Coyuntural de Fecundidad, ICF (número medio de hijos por mujer) cuya evolución de serie temporal se presenta en el panel izquierdo del Gráfico 2. El AWG propone una recuperación progresiva desde los 1.32 hijos por mujer observados

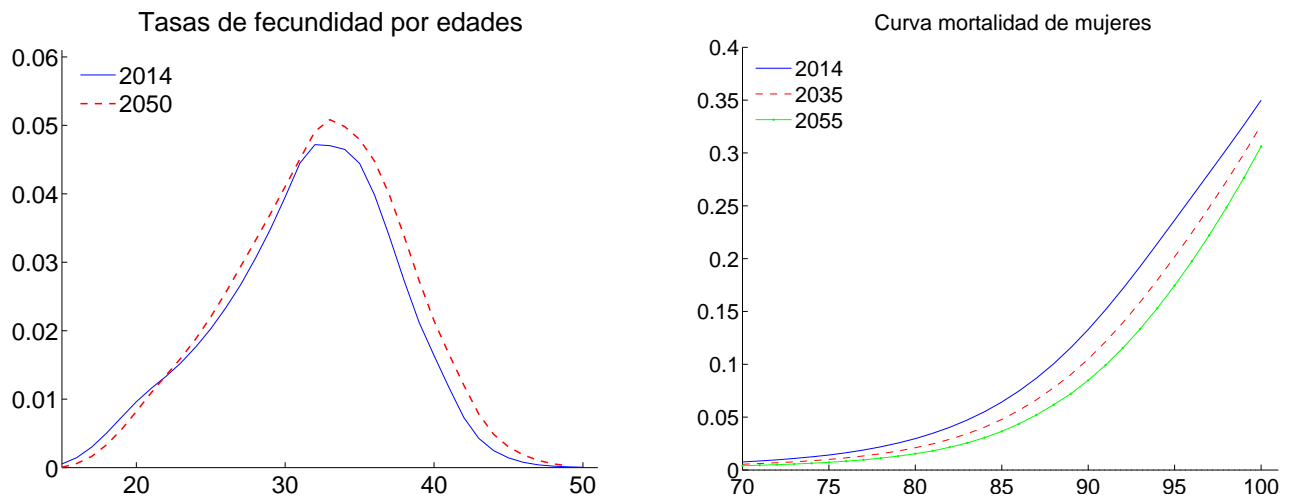


Figura 1: Tasa de fertilidad por edades en 2014 y 2050 (panel izquierdo); Tasas de mortalidad por edades para mayores de 70 años en 2014/2055

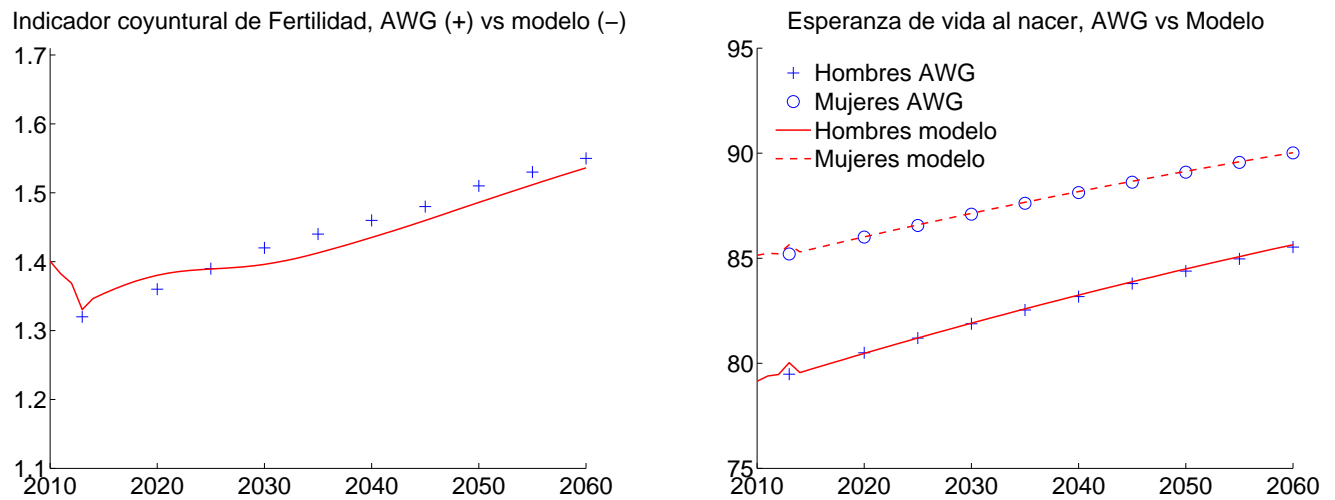


Figura 2: Series temporales del ICF (panel izquierdo) y de la Esperanza de vida al nacer por género (panel derecho)

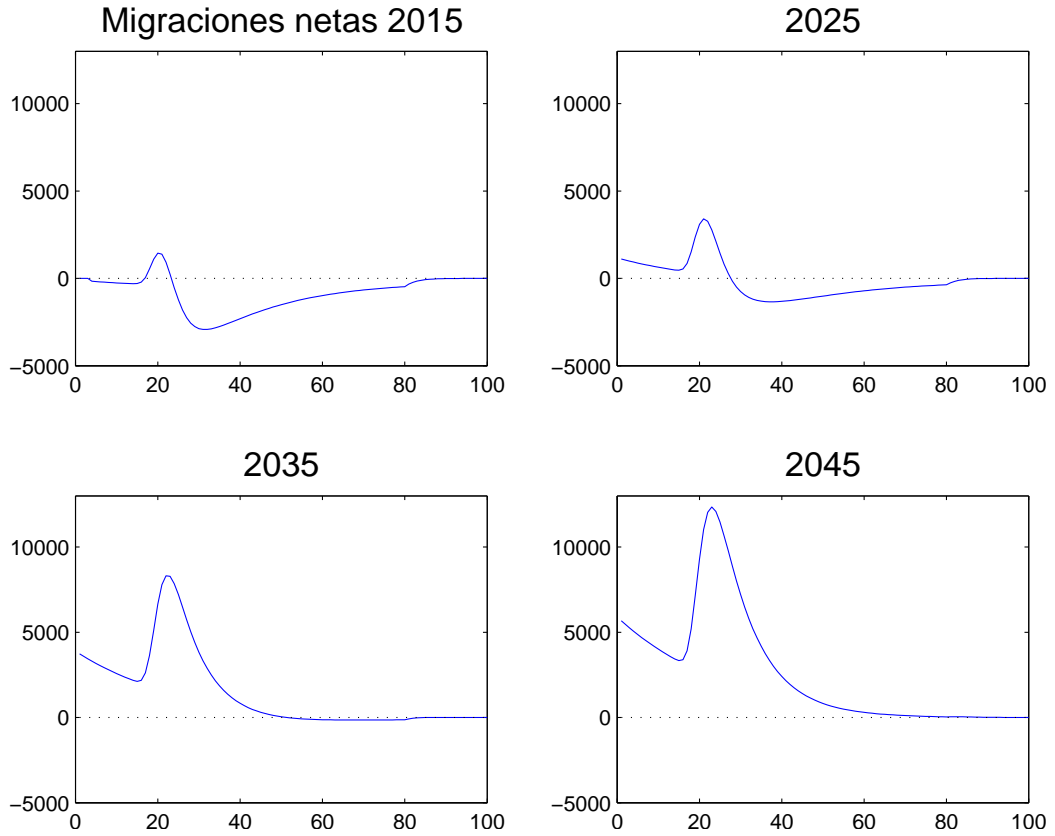


Figura 3: Distribución por edad de los flujos de inmigrantes

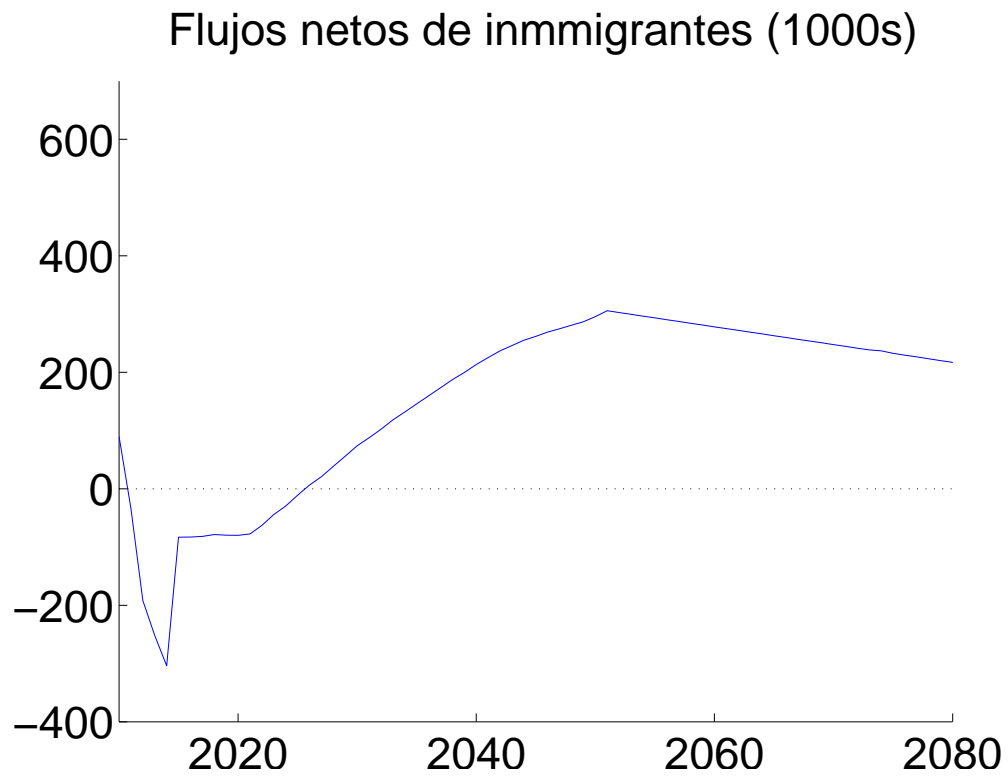


Figura 4: Serie temporal simulada<sup>28</sup> de los flujos netos de inmigrantes

en 2013 hasta 1.55 en 2060.<sup>23</sup> El modelo reproduce esta pauta, aunque no de modo exacto (eg. la cifra simulada en 2050 es de 1.536 hijos por mujer). Esta diferencia refleja las pequeñas diferencias en los contingentes poblacionales que generan nuestro modelo simplificado frente al más avanzado modelo de Eurostat. Como muestran las otras estadísticas demográficas de esta sección, el error es lo suficientemente pequeño para ser razonable.

- **Mortalidad:** el modelo incorpora las curvas de mortalidad por edad y género propuestas por Europop. El panel derecho del Gráfico 1 muestra tres ejemplos concretos de la dinámica propuesta de caída en las tasas de mortalidad (para el caso de mujeres de más de 70 años). La serie asociada de esperanza de vida al nacer (por género) muestra una clara tendencia al alza, ilustrada gráficamente en el panel derecho del Gráfico 2. Como vemos, el modelo no tiene problemas para reproducir endógenamente este indicador.

La esperanza de vida a los 67 años se comporta de modo especialmente favorable, aumentando desde 17 años en 2015 hasta 20.7 años en 2050. Este indicador es especialmente importante a la luz de la inclusión del “factor de sostenibilidad” en la reforma de 2013 (que ajusta a la baja el nivel de la pensión inicial dependiendo de la EV manifestada hasta ese momento en los datos de la Seguridad Social).

- **Migraciones.** Las hipótesis sobre migraciones son claves para el desempeño agregado del modelo. En este caso nos ceñimos estrictamente a la propuesta de Europop, de quien tomamos las series de flujos netos de inmigrantes por edad entre 2013 y 2080. El Gráfico 3 muestra cuatro de estas distribuciones en los años 2014, 2025, 2035 y 2040. La serie temporal de los flujos agregados se presenta en el Gráfico 4.

Las intensas salidas netas observadas en 2011/2014 (más de medio millón de salidas netas acumuladas) darían paso poco a poco a saldos netos positivos (a partir de 2025) y a cifras de entrada vigorosas (hasta 300000 inmigrante netos anuales) durante gran parte de la segunda mitad de la simulación. Es importante notar que, incluso en los años en que los flujos agregados netos son negativos, se presume la entrada de inmigrantes en edades entre 20 y 30 años. Las salidas más intensas se producen en el colectivo de inmigrantes entre 30 y 40 años, aunque este rasgo se suaviza conforme avanza la simulación. No es necesario recordar que la distribución de los flujos agregados por edad tiene un efecto muy importante en el comportamiento del mercado de trabajo y del sistema de pensiones.

#### **4.1.2. Proyección demográfica 2010/2060**

Nuestra simulación demográfica reproduce con gran fidelidad la proyección poblacional del AWG (Gráfico 5). En ambos casos se espera una caída apreciable en el contingente poblacional total, que alcanzaría un mínimo entorno a 44.3 millones de personas en 2035. Esto supone una pérdida de más de dos millones de personas respecto de las cifras agregadas al comienzo de la simulación. La historia es diferente al considerar la evolución poblacional por grupos de edad (Gráfico 6). Desafortunadamente, la población en edad de trabajar (16 a 65 años) es el colectivo que presenta una dinámica más desfavorable, ya que cae de modo continuo hasta poco antes del año 2050. Las pérdidas poblacionales totales en este grupo son llamativas. En 2045 se habrá perdido un 20% de la población en este grupo, que pasa de 30.6 a 24.4 millones de personas. La imagen especular de esta caída es el aumento en el contingente de mayores de 65 años, que pasa de 8.6 a 15.2 millones entre 2014 y 2050,

---

<sup>23</sup>Esta cifra nos situaría entre los países con una menor tasa de fecundidad en el contexto europeo.

Poblacion: AWG (+) vs modelo (-)

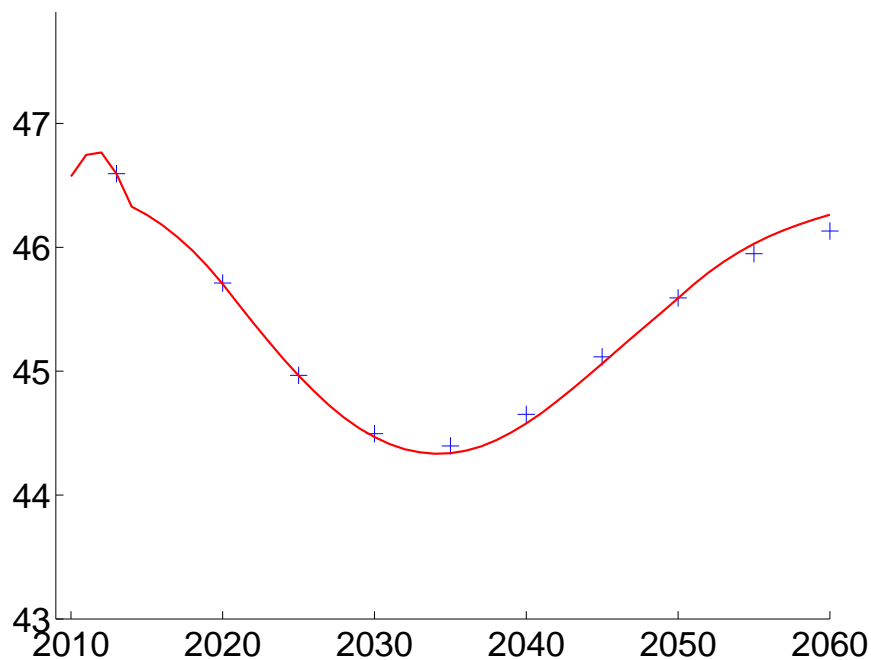


Figura 5: Serie temporal del total poblacional.

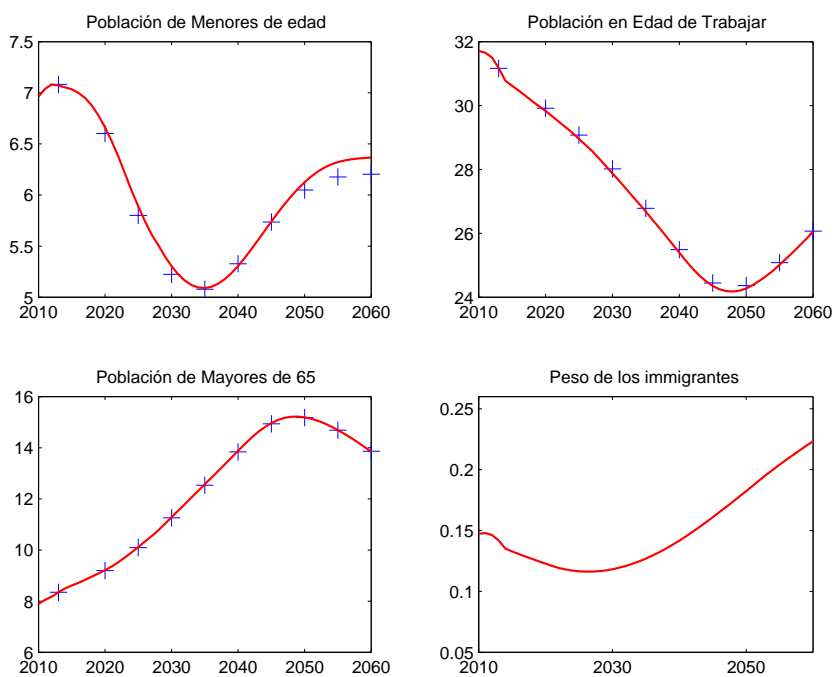


Figura 6: Serie temporal de agregados poblacionales por grupos de edad y (panel inferior derecho) proporción de inmigrantes sobre el total poblacional

un aumento del 75%. La cifra de menores de edad proporciona uno de los pocos detalles positivos de la simulación, al ofrecer una modesta esperanza de recuperación en la segunda mitad de la simulación. Entre 2014 y 2035 se pierden 2 millones de menores de edad, pero luego se observa una recuperación superior al millón de personas en los años finales de la simulación.

En cualquier caso, los agregados poblacionales dan fe de la severidad del envejecimiento que aguarda a la población española. Para comprender mejor el cambio en la distribución de la población por edades hemos construido dos indicadores estándar de la misma: pirámides poblacionales (en distintos años) y la serie temporal del ratio de dependencia demográfico (ratio de la población de 65 y más años a la población en edad de trabajar). Se muestran en los Gráficos 7 y 8 respectivamente.

En primer lugar, el panel izquierdo de 7 muestra el buen ajuste logrado por nuestra simulación a los datos de europol en términos de distribución poblacional por edades. En el panel derecho se muestran los cambios dramáticos que experimentará la pirámide poblacional entre 2014 y 2050. Es interesante observar que la pirámide de 2014 ya está muy lejos de hacer honor a su nombre, un envejecimiento incipiente que ha estado operando, de hecho, durante más de 30 años (desde la caída en las cifras de nacimientos a partir de 1980). Los desarrollos futuros serán aún más dramáticos, con un aumento importante de la densidad poblacional en las edades más avanzadas y una fuerte caída en las edades laboralmente más productivas. El mejor indicador sintético de estos cambios es la tasa de dependencia demográfica. El Gráfico 8 muestra que, independientemente de si usamos nuestro modelo o la proyección del AWG, pasaremos de los 27 mayores por cada cien personas en edad de trabajar actuales a unos 63 mayores entorno a 2050. Es posible resumir el comportamiento de este estadístico de modo sencillo: el peso de la población de mayores se dobla durante nuestro intervalo de simulación (antes de caer suavemente a partir de 2050).



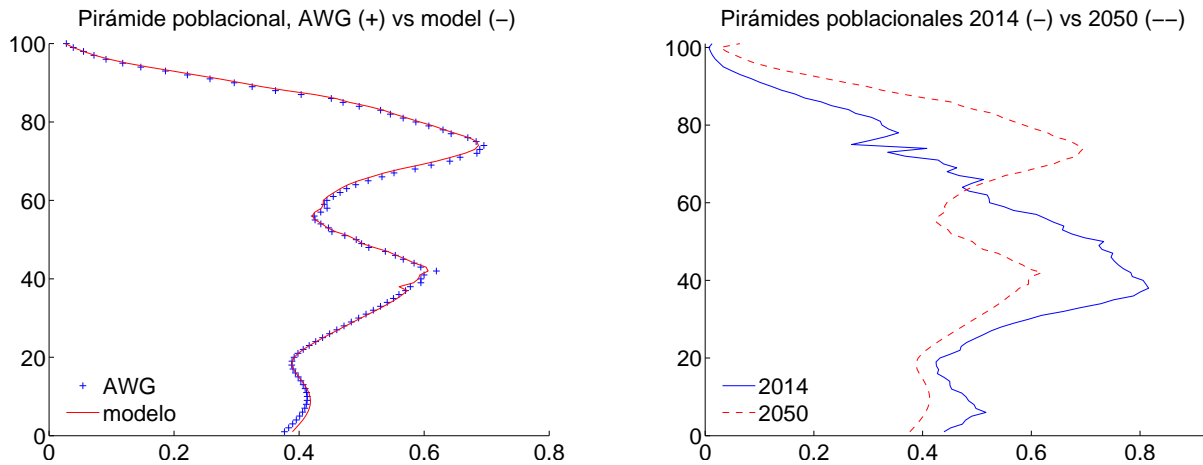


Figura 7: Pirámides de población de nuestra simulación y del AWG en 2050.

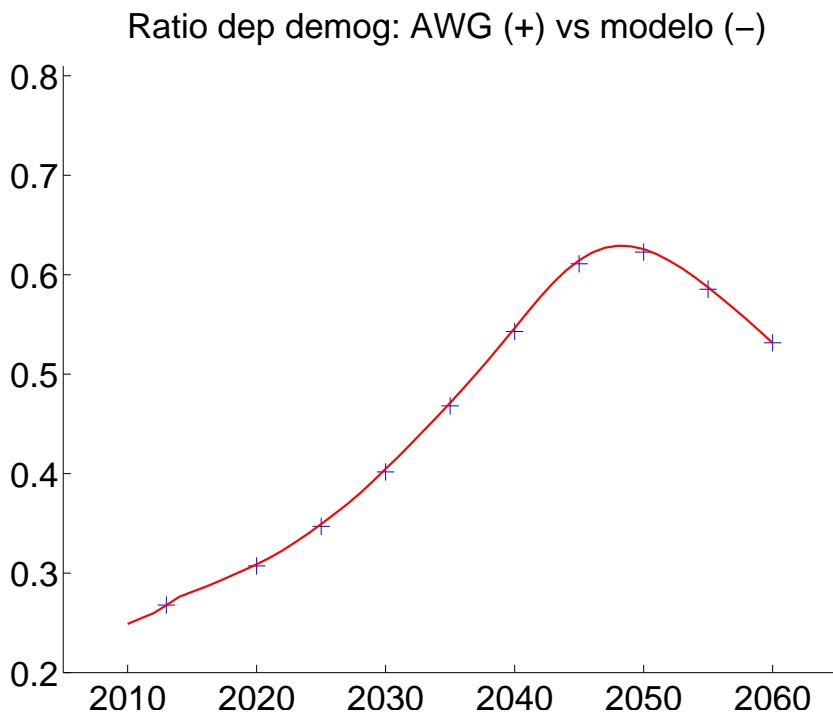


Figura 8: Serie temporal de la tasa de dependencia demográfica.

## 4.2. Mercado de trabajo y educación

El nivel educativo alcanzado al comenzar la vida económica es un factor diferencial crucial entre los agentes representativos del modelo.<sup>24</sup> El nivel educativo (y el género) determina los ingresos y perfiles de participación laboral de los individuos a lo largo de su ciclo vital. El modelo genera endógenamente algunos aspectos de estas variables (la edad de jubilación y el salario por hora trabajada), pero considera todos los otros elementos como exógenos. En esta sección revisamos la forma en que se calibran estos elementos (tanto las condiciones iniciales como su proyección a lo largo de la senda de simulación).

### 4.2.1. Educación

Comenzamos con la distribución por educación en si misma. Dividimos la población en 4 grupos según la clasificación CNED de 2 dígitos.<sup>25</sup> La distribución inicial por género y cohorte la obtenemos de la *Encuesta de Condiciones de Vida 2004/2011 (ECV)*.<sup>26</sup> La proyección futura de esta distribución supone estabilidad en el resultado educativo más reciente observado (individuos en el rango de edad 30/35 en el año 2011). No consideramos, pues, ninguna mejora adicional en los resultados educativos de la población durante todo el intervalo de simulación. Por supuesto, el nivel educativo medio en la serie temporal mejora de modo continuo durante las próximas décadas por simple reemplazo de generaciones. El Gráfico 9 muestra el cambio en la distribución educativa resultante durante las próximas décadas.

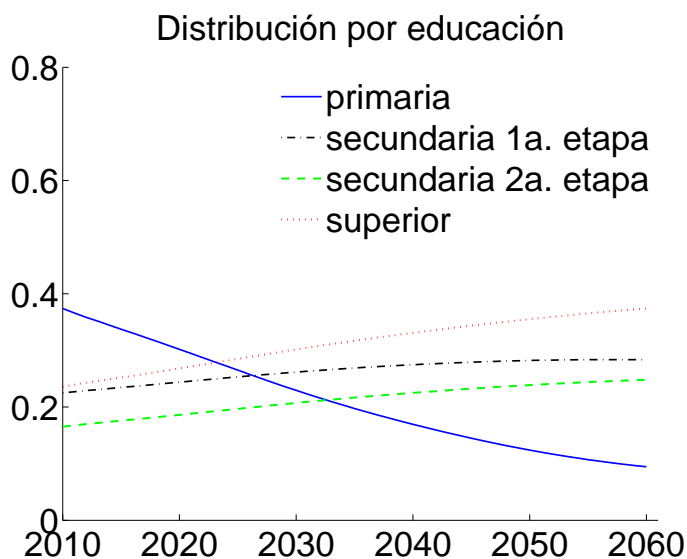


Figura 9: Distribución por nivel educativo en la senda de simulación.

<sup>24</sup>Para algunos resultados es más determinante que la cohorte de nacimiento o el valor relativo del ocio.

<sup>25</sup>De este modo la categoría 1 se aplica a personas cuyo máximo nivel educativo alcanzado corresponde a la educación primaria; la categoría 2 a quienes alcanzan la secundaria básica (primera etapa); categoría 3 a quienes completan la segunda etapa de secundaria y categoría 4 a los estudiantes que alcanzan educación superior.

<sup>26</sup>Existen dos fuentes adicionales de información sobre nivel educativo que se utilizan en el proceso de calibración. Para la información de estado laboral se adapta la clasificación educativa de la EPA a las 4 categorías utilizadas en el artículo. De modo similar, la información educativa en la MCVL (procedente del padrón) se utiliza al construir la longitud de los historiales laborales y las tasas de cobertura de pensiones.

### 4.2.2. Ingresos laborales

Los **ingresos laborales** de los individuos se generan a partir de los perfiles de unidades de trabajo eficientes  $\varepsilon_{j,g}$  conforme a la expresión (5). Éstos perfiles se estiman con regresiones de panel aplicadas a los datos de ingresos de la ECV-2004/2011. Suponemos perfiles cuadráticos a lo largo del ciclo vital específicos por género y nivel educativo e invariantes en el tiempo. Los resultados de estimación se muestran en el Gráfico 10. Los perfiles resultantes por género se muestran conjuntamente en el Gráfico 11. Los ingresos generados por estos perfiles cambian en el tiempo debido al supuesto de crecimiento técnico exógeno de tipo “labor-augmenting”. Suponemos, por tanto, que los perfiles se desplazan “hacia arriba” en el tiempo (ie, entre cohortes) manteniendo constante las distancias relativas por edad y género.

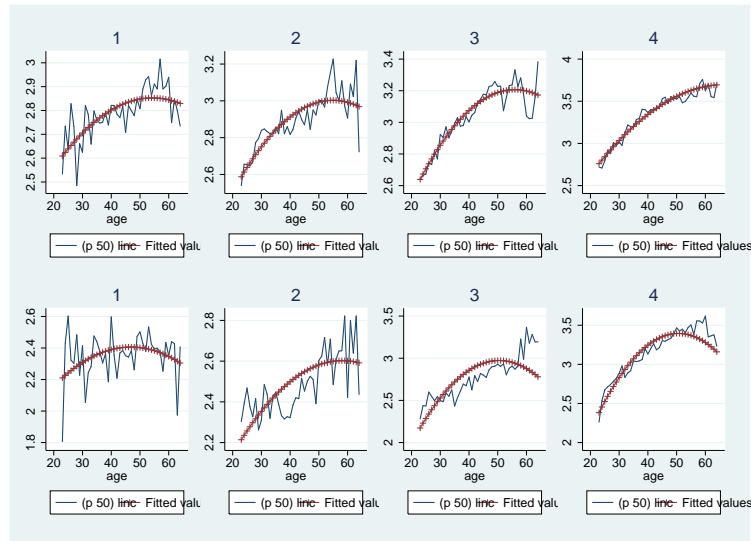


Figura 10: Estimación de los perfiles de unidades de trabajo eficiente por género y nivel educativo sobre datos de (log) ingresos de la ECV.

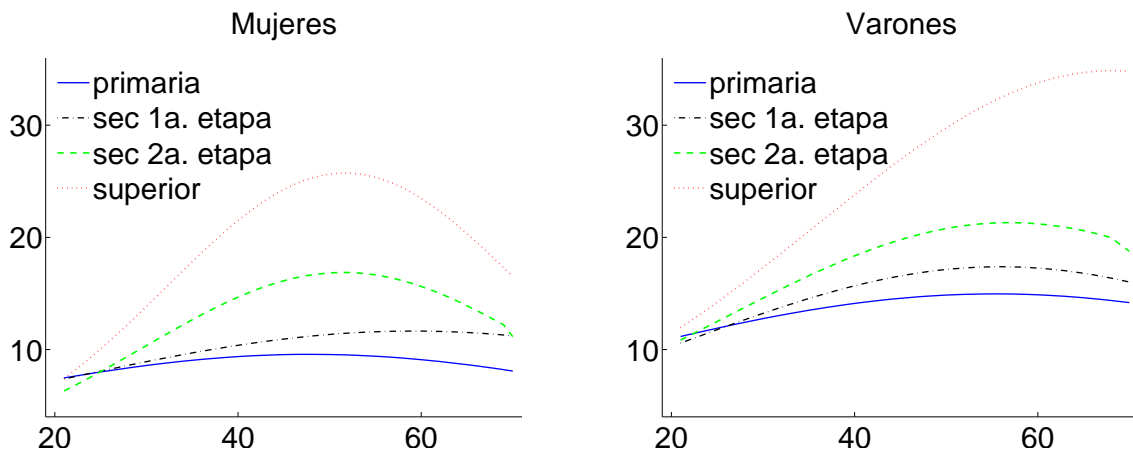


Figura 11: Perfiles de unidades de trabajo eficiente por género y nivel educativo (en miles de euros de 2010).

### 4.2.3. Tasas de actividad, empleo y paro

Las series agregadas de las tasas de actividad y desempleo (por género) combinan la reproducción de: (i) las condiciones históricas del mercado de trabajo, (ii) las proyecciones agregadas en el Plan de Estabilidad (2014/2018) y (iii) la convergencia a las proyecciones del AWG en European-Commission (2015), que suponemos tiene lugar en 2040. El proceso de convergencia ente los escenarios propuestos en (ii) y (iii) tiene lugar de modo lineal entre 2018 y 2040.

La simulación necesita disponer de mucha información retrospectiva de la situación laboral de los agentes participantes, ya que debemos reconstruir su historial laboral de ciclo vital. Utilizando la EPA y la base de datos laborales de UNECE<sup>27</sup> somos capaces de recuperar la información histórica desde los años ochenta hasta el presente.<sup>28</sup> Para años anteriores, ajustamos linealmente a un nivel propuesto para el año 1970 en las tasas de actividad y desempleo (un porcentaje del valor más antiguo observable disponible), y suponemos constancia en ese nivel para los años anteriores. La serie de empleados se obtiene de modo residual de las dos series anteriores. Finalmente, las series de actividad y desempleo por género se suavizan para evitar discontinuidades acusadas en la senda de proyección. El Gráfico 12 muestra las series temporales agregadas en niveles resultantes de esta reconstrucción, mientras que el Gráfico 13 muestra la reconstrucción resultante en las tasas por cohorte y género y la proyección construida para el resto de la simulación.

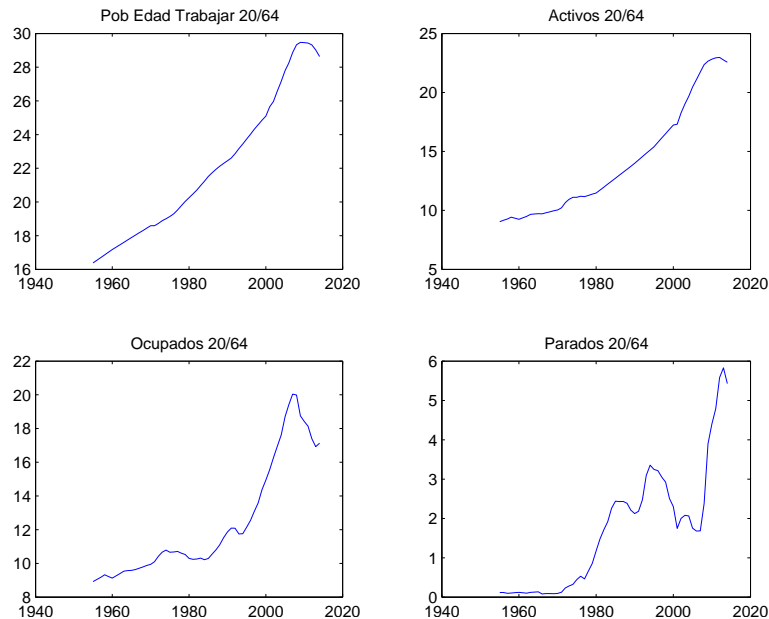


Figura 12: Reconstrucción de las series agregadas del mercado de trabajo en niveles.

Por otra parte, el modelo exige que desagregemos las tasas macro por educación, género y cohorte. Procedemos del siguiente modo:

- Para el período observable de la simulación (2005/2013) utilizamos datos EPA (por grupo de edad, género y educación). Se agrupan las partidas educativas para asimilar-

<sup>27</sup>Base de datos que combina información local e internacional (UNICEF y Eurostat).

<sup>28</sup>Las series de *activos* y *población en edad de trabajar* (20 a 64) entre 1980 y 2011 se toman de UNECE, y entre 2012 y 2015 de la EPA. Las series de *desempleados* entre 1987 y 2014 se recuperan del BEL y de la EPA online. La series de *ocupados* procede de UNECE y EPA (2012 a 2015).

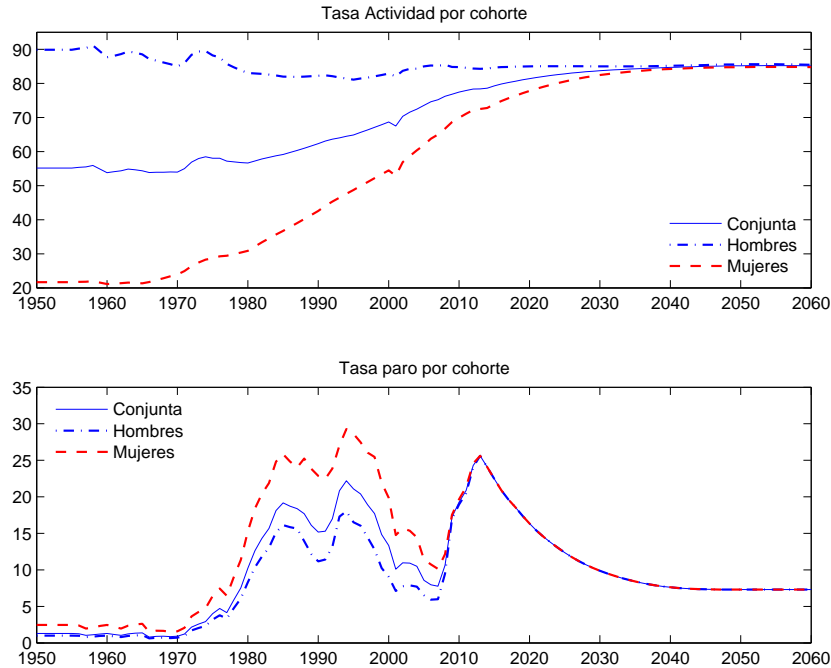


Figura 13: Reconstrucción de las tasas de actividad y empleo por cohortes y género.

las a la clasificación ECV presentada en la sección 4.2.1. En cada uno de estos años calculamos las distancias relativas existentes, por género, entre las tasas de empleo (y participación) de cada grupo de edad/educación respecto de un grupo de edad y educación de referencia. Creamos una serie continua por edad mediante interpolación lineal.

- Para el resto de la senda intentamos desagregar utilizando la información proporcionada por las últimas distancias relativas observadas. Pero este mecanismo se encuentra con un problema: el cambio en la distribución poblacional por edades hace que entre 2030 y 2045 tengamos una importante concentración de personas en edades cuyas tasas de participación/empleo históricas de ciclo vital son relativamente bajas (ie, mayores de 50 años). En esas circunstancias, replicar los datos agregados del AWG (que proponen una recuperación de las tasas de actividad desde un valor inicial del 78.7% hasta un 85.2%) sólo es posible con subidas generalizadas en las tasas de participación/empleo por edades (tal y como hace la proyección del AWG). El gráfico 14 ilustra el problema tomando los años 2008 y 2030 como ejemplo. De acuerdo con la simulación del AWG para varones, las tasas de participación agregadas deberían ser muy similares en los dos años (77.4% y 76.6% respectivamente, con cifras aún mayores en los años siguientes). Pero el gráfico nos muestra que la distribución de la población por edades es muy distinta, de modo que alcanzar las tasas agregadas requeridas sólo es posible con cambios en los perfiles laborales en edades avanzadas. En el caso de las mujeres la situación es aún más comprometida: la distribución más desfavorable debe genera una tasa de empleo del 74.3%, frente al 58.6% que se observa para 2008. Para ser capaces de reproducir la cifras del AWG procedemos como sigue:

- Para la proyección post-2014 se corrigen la matrices de distancias relativas por edad, educación y año de calendario,  $Coef(i, edu, y)$ , de 2014 incorporando un proceso exógeno de aumento en las tasas de actividad y empleo en edades avan-

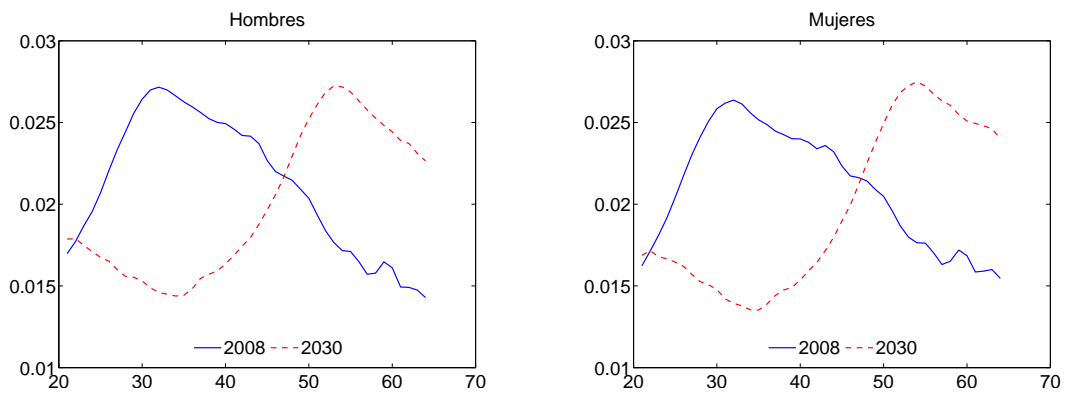


Figura 14: Distribución de la población por edades en 2008 y 2030 para hombres y mujeres.

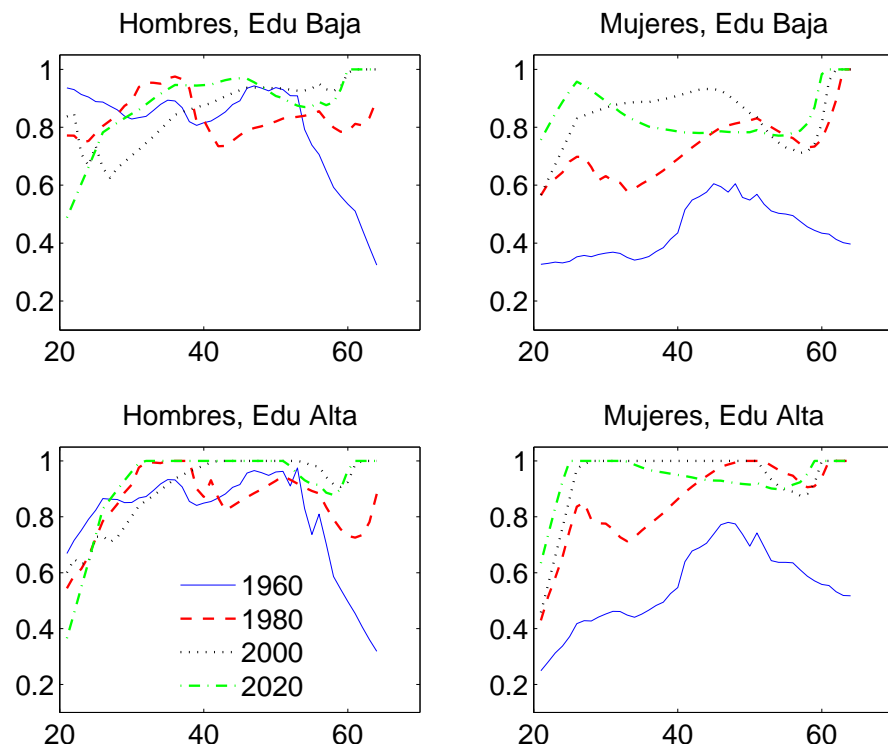


Figura 15: Ejemplo de tasas de empleo de ciclo vital para 4 cohortes, por sexo y para dos niveles educativos

zadas (+50);

2. Se combina la tasa de actividad/empleo agregada objetivo,  $tA(y)$ , la distribución por edad, educación y género simulada por el modelo en cada año,  $\mu(\cdot)$ , y las nuevas matrices de distancias relativas para calcular las correspondientes tasas de actividad y empleo.

$$\sum_i \sum_{edu} \mu(i, edu) Coef(i, edu, y) tA^{ref}(y) = tA(y)$$

Donde  $tA^{ref}(y)$  es la tasa de referencia para la construcción de las matrices de coeficientes (calculamos  $tA^{ref}(y)$  y recuperamos  $tA(i, edu, y) = Coef(i, edu, y) tA^{ref}(y)$ ).

3. Se impone que las tasas se encuentren en el intervalo [0:1] a cada edad, redistribuyendo la probabilidad mal asignada por el procedimiento anterior entre las edades que cumplen con la restricción (para cada año, nivel educativo y género).
4. Las tasas de paro se recuperan residualmente de las tasas de Actividad y Empleo. Comprobamos que las tasas resultantes son formalmente consistentes.

El Gráfico 15 ilustra esta forma de trabajar sobre las tasas de empleo de hombres y mujeres de dos niveles educativos y distintas cohortes de nacimiento. Los gráficos 16 y 17, por su parte, muestran directamente el proceso de generación de series desagregadas en las secciones cruzadas de los años 2008 y 2030. Las sendas resultantes se caracterizan por subidas importantes de las tasas de empleo y participación en todas las edades, siendo especialmente llamativos los cambios observado en mujeres y en edades avanzadas. Una consecuencia importante es que el desempleo se reduce de modo muy marcado.

Los niveles resultantes de la simulación representan un cambio bastante apreciable en el *status quo* de nuestro mercado de trabajo. Este resultado requiere de una reflexión atenta. Obviamente, el envejecimiento generará cambios importantes en muchas dimensiones de nuestra actividad económica. Las pautas laborales pueden ser uno de los exponentes más importantes de este cambio, pero esto no es óbice para enfatizar la necesidad de una cierta cautela al interpretar nuestros resultados de simulación. Realmente estamos asumiendo un grado de flexibilidad en la oferta de trabajo importante. La evidencia que tenemos actualmente sobre esta flexibilidad es incompleta (por ejemplo, los salarios han mostrado una importante capacidad de ajuste tras la crisis de 2008, pero la práctica de salida temprana de los mayores del mercado de trabajo -voluntaria o forzada desde las empresas- se muestra persistente).

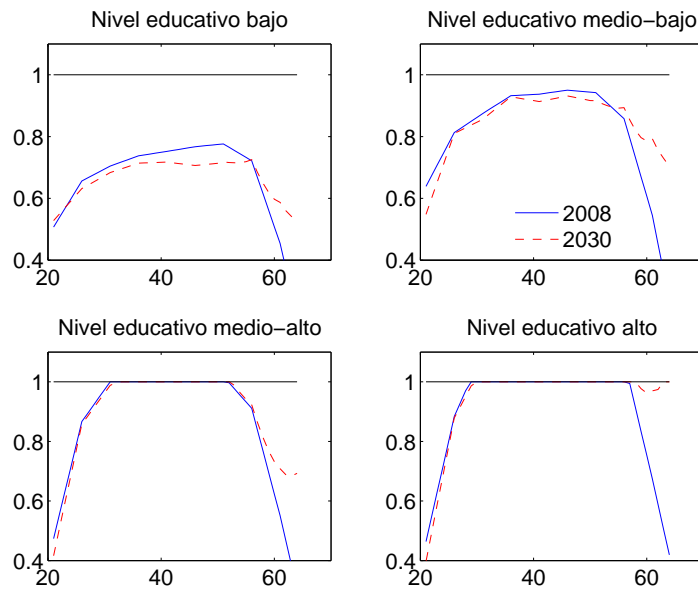


Figura 16: Tasas de empleo de varones por edades y nivel educativo en las secciones cruzadas correspondientes a los años 2008 y 2030

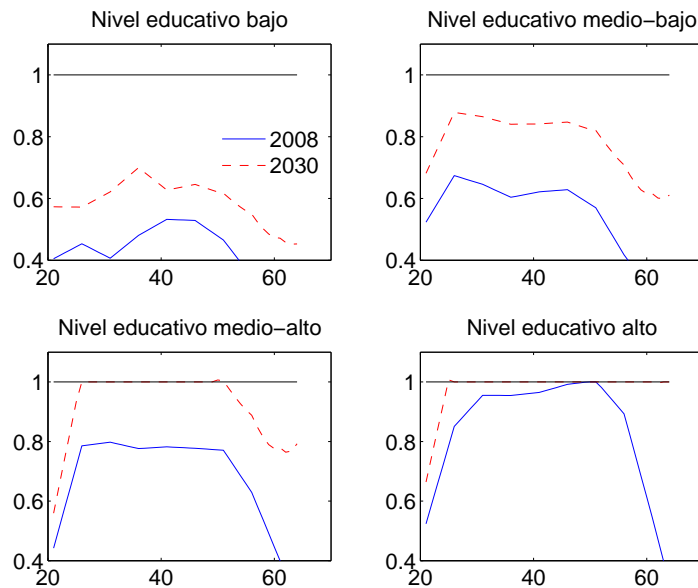


Figura 17: Tasas de empleo de mujeres por edades y nivel educativo en las secciones cruzadas correspondientes a los años 2008 y 2030.



#### 4.2.4. Jubilación

En el momento de arranque de la simulación en 2001 existe un buen número de cohortes que ya han tomado su decisión de jubilación. Para estos individuos nos limitamos a reproducir la información histórica obtenida de la Muestra Continua de Vidas Laborales (MCVL). Más en concreto, utilizamos la base de datos de 2011 para obtener la distribución de la edad de jubilación de los miembros de cada cohorte, desagregada por nivel educativo. Las edades medias resultantes se muestran en el Gráfico 18. Se aprecia un adelantamiento progresivo en la edad media de jubilación que se interrumpe y eventualmente cambia de sentido desde mediados de los años noventa (es decir, para las cohortes nacidas con posterioridad a 1930). En las cohortes representadas, la moda de la distribución se encuentra sistemáticamente en la edad legal de jubilación (65 años). Entorno a esta edad se observa un cierto grado de dispersión que ilustramos gráficamente (para una cohorte concreta) en el panel izquierdo del Gráfico 21.

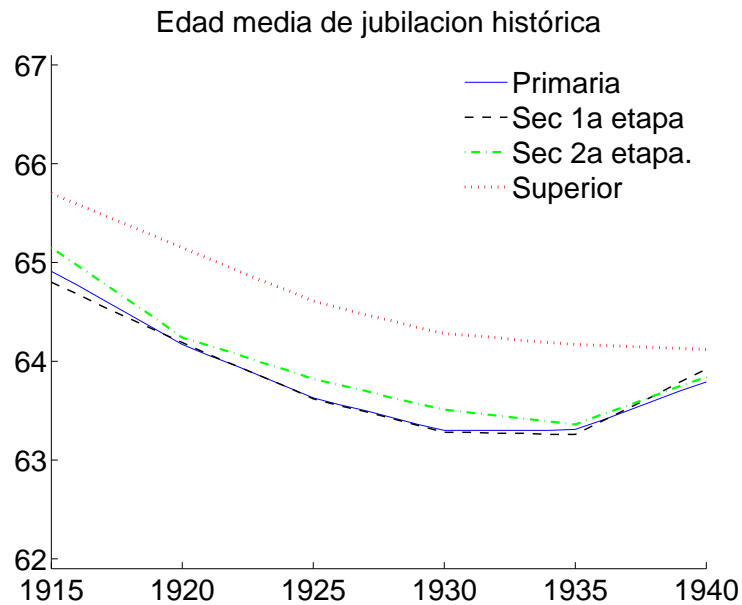


Figura 18: Distribución de las edades de jubilación por año de nacimiento y nivel educativo en la MCVL.

Para las cohortes más jóvenes, el modelo genera decisiones endógenas de jubilación de modo sencillo gracias a tres supuestos básicos:

1. la separabilidad entre ocio y consumo en la función de utilidad de período;
2. la forma funcional logarítmica en el componente de consumo (que garantiza la estabilidad de la edad de jubilación en el largo plazo en presencia de crecimiento técnico exógeno);
3. el acotamiento del rango posible de edades de jubilación al intervalo entre 60 y 70 años de edad.

El funcionamiento del modelo de jubilación y las propiedades de las soluciones se discute de modo resumido en Jiménez-Martín and Sánchez-Martín (2007) (para una versión en tiempo continuo del modelo). Una discusión mucho más pormenorizada del comportamiento del modelo de jubilación se encuentra en el capítulo 1 de Sánchez-Martín (2002).

La calibración de las decisiones de jubilación generadas por el modelo se consigue optimizando los parámetros de la distribución inobservable del valor del ocio,  $F_\theta$ , para la que suponemos normalidad. Elegimos la media y varianza de esta distribución de tal modo que se aproxime la edad media observada en 2014 (64 años) y las diferencias existentes por nivel educativo.

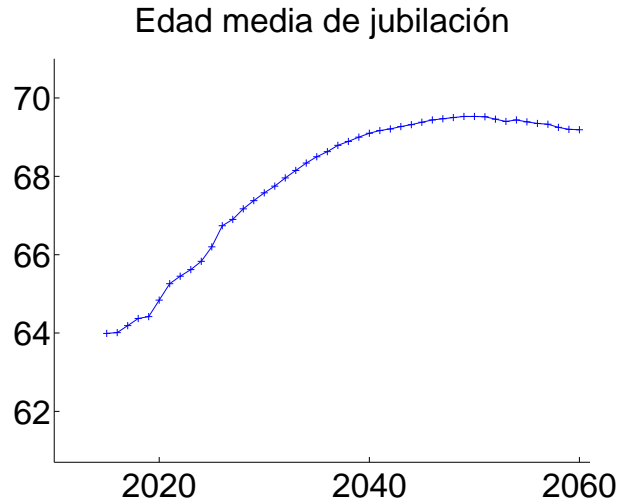


Figura 19: Edad media de jubilación en la serie temporal simulada

*Resultados en la Senda de simulación*<sup>29</sup>

Completado el proceso de calibración, el modelo genera una serie temporal de la edad media de jubilación como la que se muestra en el Gráfico 19. Observamos una marcada tendencia al alza en la edad media de salida del mercado de trabajo. Esta observación refleja un retraso sistemático en la edad de jubilación de las cohortes nacidas hasta el año 1980 aproximadamente (tal y como se muestra en el Gráfico 20). Este retraso responde básicamente a la caída en el nivel de la pensión (que reduce el coste de oportunidad de continuar trabajando) y a la reducción en la riqueza de ciclo vital (que aumenta la utilidad marginal de la renta). El proceso es bastante homogéneo para todos los niveles educativos, observándose una cierta reducción en la dispersión de la edad final de jubilación. A partir de la cohorte nacida en 1980 las pautas se estabilizan y muestran una ligera tendencia a revertir el proceso (coincidiendo con la paulatina suavización en el ajuste del sistema de pensiones a partir de 2060, una vez que la fase más aguda de la salida de los “Baby Boomers” ha concluido).

Los gráficos 21 y 22 enfatizan el cambio que tiene lugar en la distribución de la edad de jubilación. En el primero se muestran histogramas de la distribución de la edad de jubilación de los miembros de una cohorte para 3 cohortes y dos niveles educativos. En el segundo representamos el peso que cada una de las edades tiene en la composición de la jubilación de

<sup>29</sup>Como se indica en la sección 1, en este documento evitamos entrar en la revisión detallada de los resultados de simulación generados por el modelo (que es el tema específico del documento de trabajo Sánchez-Martín (2017)). Con la edad de jubilación, sin embargo, hacemos una excepción ya que los procedimientos seguidos son diferentes. En el documento antes indicado sólo se endogeneiza la jubilación a largo plazo (para la cohorte de los nacidos en 1990, usando para las cohortes anteriores una combinación lineal de ésta distribución y de la última distribución observada en los datos). Por contra, en este trabajo si consideramos una edad de jubilación plenamente endógena. Por ello, consideramos que este es el lugar adecuado para referir los resultados de simulación obtenidos en esta dimensión.

cada cohorte. Esta forma de presentar la información facilita el seguimiento del impacto de los cambios legales introducidos en las edades de referencia del sistema.

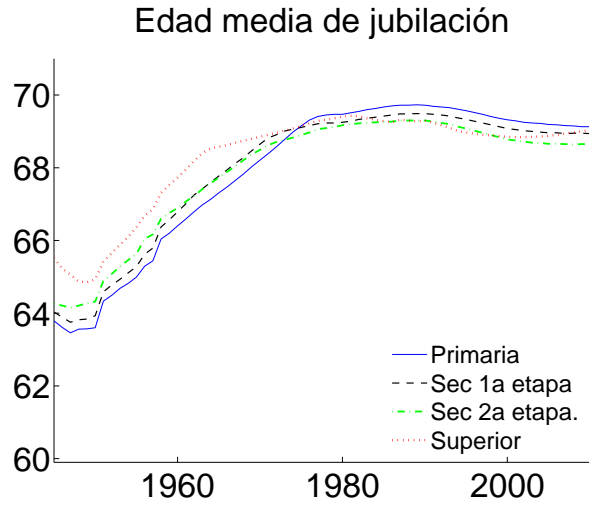


Figura 20: Serie simulada de la edad media de jubilación por nivel educativo y cohorte de nacimiento

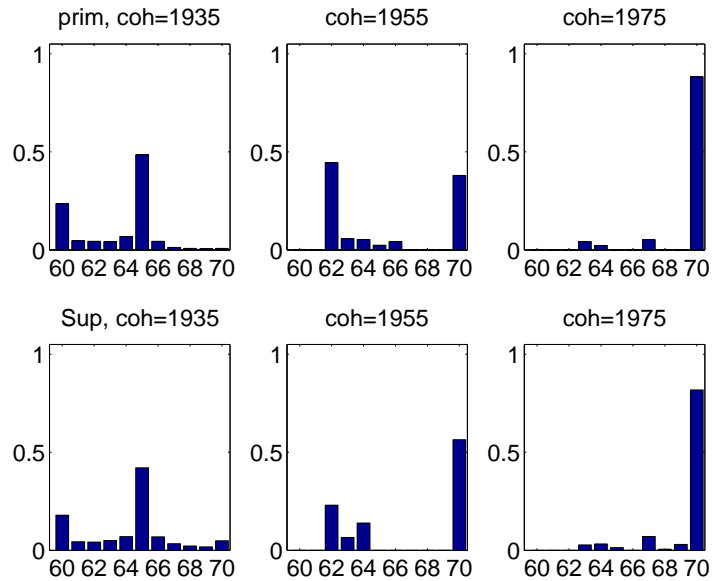


Figura 21: Distribución de las edades de jubilación para tres cohortes y dos niveles educativos (educ. primaria y educ. superior).

Los cambios simulados son muy importantes. El panel izquierdo del gráfico 21 corresponde a una de las últimas distribuciones históricas disponible (la de la cohorte nacida en 1935), mientras que los otros dos paneles muestran distribuciones generadas endógenamente por el modelo. Vemos claramente los efectos de los cambios legislativos: el cambio en la edad de primer cobro (progresivo de 60 a 63 años) y el cambio en la edad “normal” de jubilación de 65 a 67 años. Es muy llamativo, sin embargo, que la nueva edad normal nunca llega a tener la preminencia que tuvo en períodos anteriores. Esto es debido a que los individuos hacen

un uso intensivo de las bonificaciones por jubilación retrasada, llevando la nueva moda en la edad de jubilación a los 70 años. Este fenómeno se observa en todos los niveles educativos. Conviene recordar que la edad de jubilación y los niveles de ahorro son las únicas válvulas de escape de las que disponen los agentes del modelo ante las caídas en los ingresos de pensiones introducidos por las reformas.<sup>30</sup> El modelo predice más ahorro privado y retrasos generalizados en la edad de jubilación en un intento de minimizar la pérdida de ingresos en la fase de jubilación. Esta respuesta es común a todos los grupos educativos.

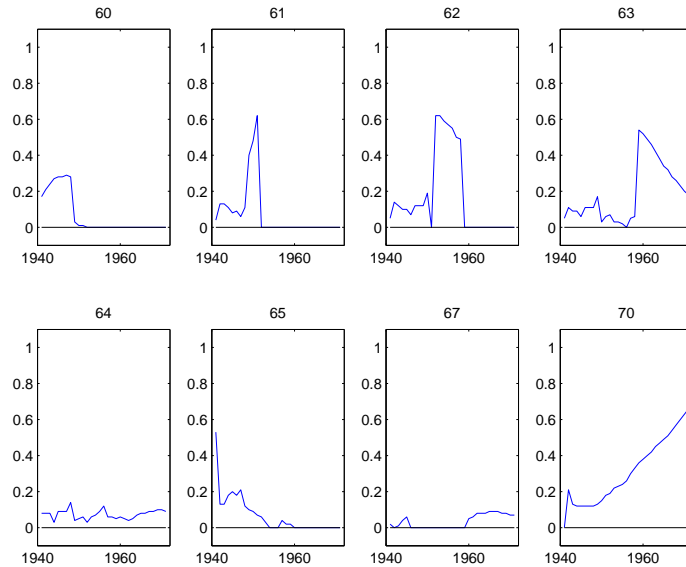


Figura 22: Proporción de los miembros de cada cohorte que se jubilan en 8 edades seleccionadas.

<sup>30</sup>Sin olvidar los cambios correspondientes en el esfuerzo fiscal demandado de los individuos de las distintas cohortes.

### 4.3. Pensiones de jubilación y viudedad de la Seguridad Social

El corazón del trabajo es la modelización del sistema de pensiones contributivas de jubilación y viudedad de la Seguridad Social. En esta sección discutimos la calibración de sus condiciones iniciales (típicamente en el intervalo 2001/2014) y de los determinantes de su comportamiento a lo largo de la senda de simulación. Las subsecciones 4.3.1 a 4.3.3 se reparten esta tarea del siguiente modo:

- Para las cohortes ya jubiladas al comienzo de la simulación se calibra el valor medio y el número (o tasa de cobertura) de sus pensiones de jubilación y viudedad (sección 4.3.1). Como se vio en la sección 4.2.4, también se calibran sus edades de jubilación.
- Para las cohortes posteriores (laboralmente activas al comienzo de la simulación) es preciso calibrar las condiciones iniciales relativas a sus bases reguladoras acumuladas y a sus años cotizados (sección 4.3.2).
- Los “topes legales” administrados anualmente por el sistema de pensiones en el intervalo inicial (2001 a 2014) se revisan en la sección 4.3.3. Incluye las series temporales históricas de las pensiones mínimas y máxima y de las bases contributivas mínima y máxima.
- La sección 4.3.4 repasa los procesos seguidos para determinar los procesos exógenos durante la senda de simulación: los años cotizados, tasas de cobertura y topes legales de los distintos tipos de individuos del modelo.

Además de las pensiones de jubilación y viudedad, el modelo también considera (con un grado de detalle menor) la evolución de otras pensiones contributivas de la Seguridad Social (como son las de Incapacidad permanente, Orfandad y Favor Familiar). También se modeliza la evolución de las pensiones del Régimen de Clases Pasivas del Estado. Esta información se presenta en la sección siguiente (4.4).

### 4.3.1. Condiciones iniciales de las cohortes de jubilados

El modelo intenta tomar directamente de los datos la información sobre los niveles y número de pensiones correspondientes a las cohortes ya jubiladas cuando se inicial la simulación.<sup>31</sup> Para ello se recurre a la MCVL2011. En ella se estiman las pensiones iniciales de estas cohortes distinguiendo por género, educación y edad de jubilación. La Tabla 2 muestra un selección de los resultados obtenidos.

cohortes	Educación primaria						
	Hombres			Mujeres			
	61	65	68	61	65	68	
1915	4.50	7.76	5.81	3.36	4.03	2.86	
1925	7.52	12.97	9.70	5.61	6.74	4.78	
1935	8.64	16.96	10.63	5.57	10.04	4.40	
1945	13.15	17.63	14.85	6.60	10.69	6.46	
cohortes	Educación secundaria 1a. etapa						
	1915	4.72	8.19	5.90	3.58	4.82	2.82
	1925	7.88	13.68	9.85	5.99	8.05	4.71
	1935	8.68	18.25	10.71	5.98	11.01	4.50
	1945	12.14	18.70	14.35	6.54	10.73	5.96
cohortes	Educación secundaria 2a. etapa						
	1915	5.89	9.47	5.54	3.88	6.19	3.34
	1925	9.83	15.82	9.25	6.48	10.35	5.58
	1935	11.67	20.18	12.98	6.74	12.55	5.21
	1945	16.18	21.27	16.59	8.20	13.37	8.24
cohortes	Educación superior						
	1915	6.45	13.56	8.14	4.69	10.12	4.25
	1925	10.77	22.64	13.60	7.84	16.90	7.11
	1935	14.31	25.36	17.55	9.63	20.35	8.69
	1945	17.41	27.48	21.72	12.20	23.33	13.33

Cuadro 2: Valor inicial de la pensión de jubilación (miles euros 2010) en la MCVL 2011. Selección ilustrativa por año de nacimiento, edad de jubilación y género para trabajadores con distintos niveles educativos.

Los datos empíricos así obtenidos se incorporan al modelo en forma de ratio respecto del salario medio por empleado en el año 2011. De este modo las pensiones iniciales de jubilación en la simulación depende del nivel salarial medio generado endógenamente en el modelo.<sup>32</sup> En general, esta forma de proceder consigue un ajuste bastante razonable entre los datos y la realidad. Así el gráfico 23 promedia la información anterior para generar las pensiones medias

<sup>31</sup>Suponiendo una edad máxima de jubilación de 70 años, se encontrarían en esta condición la totalidad de los miembros de las cohortes nacidas antes de 1932. También afectaría a algunos de los miembros de las cohortes nacidas entre 1932 y 1941. Dados los patrones observados de jubilación, estarían afectados la mayoría de los nacidos hasta el año 1936 (ya que habrían cumplido los 65 años en 2001) y una proporción cada vez menor de las cohortes siguientes hasta 1941 (sólo incluiría los jubilados a los 60).

<sup>32</sup>El salario medio por empleado simulado para 2011 es de 21.78 miles de euros, frente a un valor de 22.1 miles estimado en el modulo de salarios de la EPA 2011.

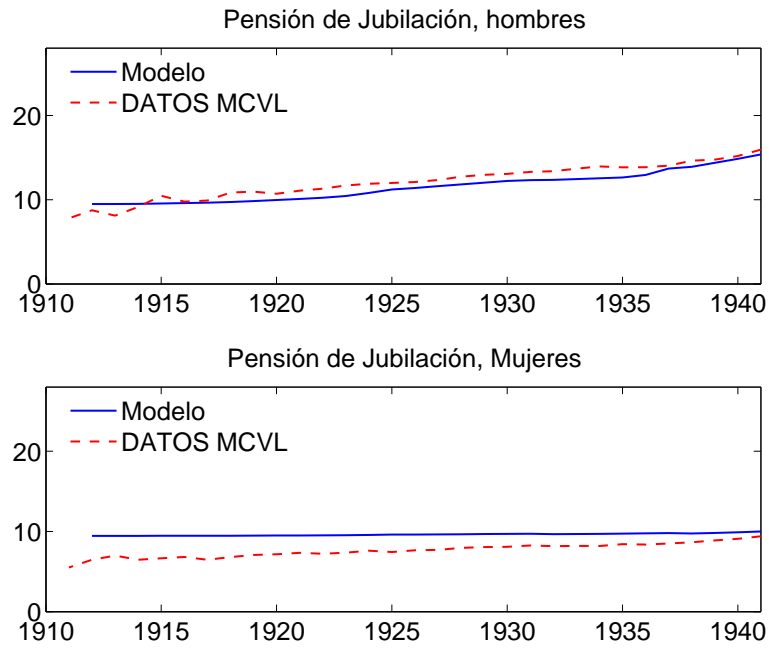


Figura 23: Valor medio de la pensión de jubilación por año de nacimiento y género en el modelo y en los datos.

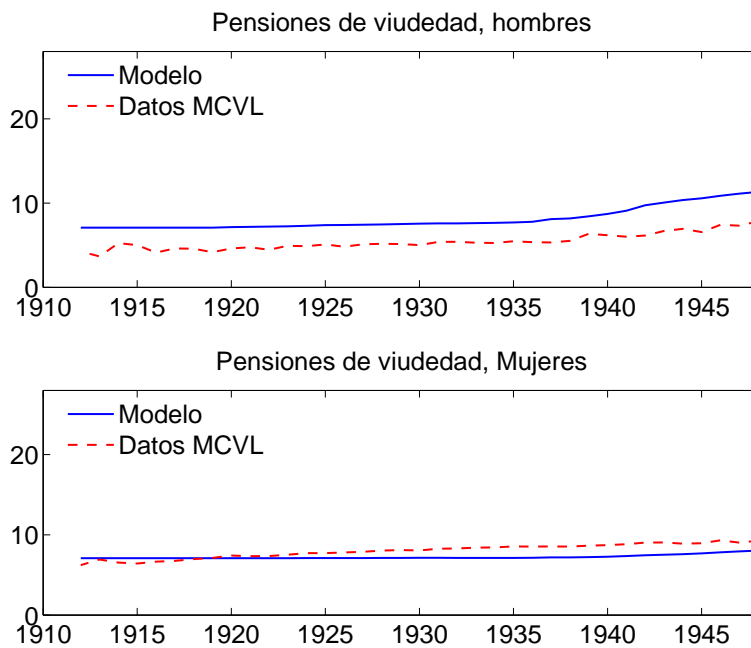


Figura 24: Valor medio de la pensión de viudedad por año de nacimiento y género en el modelo y en los datos.

por año de nacimiento y género. Vemos que se infravalora (sobervalora) algo la pensión de los varones (mujeres), pero el ajuste general es razonable.<sup>33</sup> La impresión obtenida con los datos de 2011 se confirma al revisar el ajuste del modelo a la serie temporal de los datos agregados de la Seguridad Social, que se muestra en el panel inferior izquierdo del Gráfico 28. El ajuste es excelente a partir del año 2005, aunque el modelo genera pensiones más altas que los datos hasta ese año.

El procedimiento en relación a la pensión de viudedad es diferente, ya que ésta se genera endógenamente en el modelo (a partir de la pensión de jubilación de los cónyuges de cada uno de los agentes representativos, en un intento de reproducir la normativa de pensiones). Al no calibrar directamente al nivel observado para estas pensiones en los datos, podemos utilizar la calidad del ajuste conseguido como un test informal del comportamiento del modelo. Como hicimos con las pensiones de jubilación, evaluamos los resultados del modelo comparando tanto a nivel de cohorte sobre los datos de la MCVL (Gráfico 24, que muestra la pensión media de viudedad por cohorte y género) como a nivel de serie temporal y datos agregados del Sistema de la Seguridad Social (panel inferior derecho del Gráfico 28). La calidad del ajuste es similar al encontrado para las pensiones de jubilación: en la serie temporal, el ajuste es bueno a partir de 2005; en los micro-datos, el ajuste es bueno para las pensiones de las viudas y hay una cierta sobre-valoración de las pensiones de viudedad de los varones (cuya importancia cuantitativa es pequeña).

### **Tasas de cobertura y número de pensiones de jubilación y viudedad**

Para introducir en el modelo el número de pensiones iniciales de jubilación estimamos la proporción de individuos de cada nivel educativo que cualifica para recibir una pensión de jubilación en la MCVL-2011.<sup>34</sup> El cálculo se realiza para las cohortes nacidas entre 1911 y 1944, aunque en el modelo sólo utilizamos la información de las cohortes posteriores a 1920. Equipados con estas tasas, el modelo genera el número de pensiones correspondiente utilizando el modelo demográfico de la sección 4.1. Por razones similares a las discutidas en la sección previa (diferencias en la composición de agentes entre modelo y datos), pueden producirse algunas discrepancias en las tasas de incidencia/número de pensiones agregado. El Gráfico 25 explora esta posibilidad revisando las tasas agregadas por año de nacimiento en 2011. El ajuste podría mejorarse para las cohortes anteriores a 1920, pero su peso cuantitativo es muy pequeño. Esto puede apreciarse en el panel derecho del gráfico 27, que compara los niveles absolutos de pensiones generadas por el modelo. Una segunda comprobación se muestra en el panel superior izquierdo del Gráfico 28, que muestra el número de pensiones en la serie temporal del modelo y el dato agregado del sistema de la Seguridad Social. Para construir este gráfico se ha utilizado el modelo autoregresivo para las tasas de cobertura de las cohortes posteriores a 1940 descrito en la sección 4.3.4. En conjunto, el procedimiento parece funcionar razonablemente bien.

Las condiciones iniciales para las pensiones de viudedad se obtienen con un procedimiento similar al antes indicado para las pensiones de jubilación, aunque hay algunas diferencias en el uso de la información empírica en el modelo. De nuevo utilizamos la MCVL 2011 como referencia principal, pero en este caso construimos las tasas de incidencia en base a la distribución de hogares proporcionada por la Encuesta Continua de Hogares 2013 del INE

---

<sup>33</sup>La diferencia en la distribución por educación entre el modelo (procedente de la ECV) y la MCVL destaca como principal responsable de esta divergencia.

<sup>34</sup>En las tasas agregadas, simplemente se divide el número de pensiones estimado en la MCVL por la cifra de población agregada de cada edad en 2011. Para la desagregación por educación añadimos el supuesto de que las distancias relativas en las tasas de empleo de ciclo vital del modelo se trasladan a las tasas de cobertura inicial de pensiones.



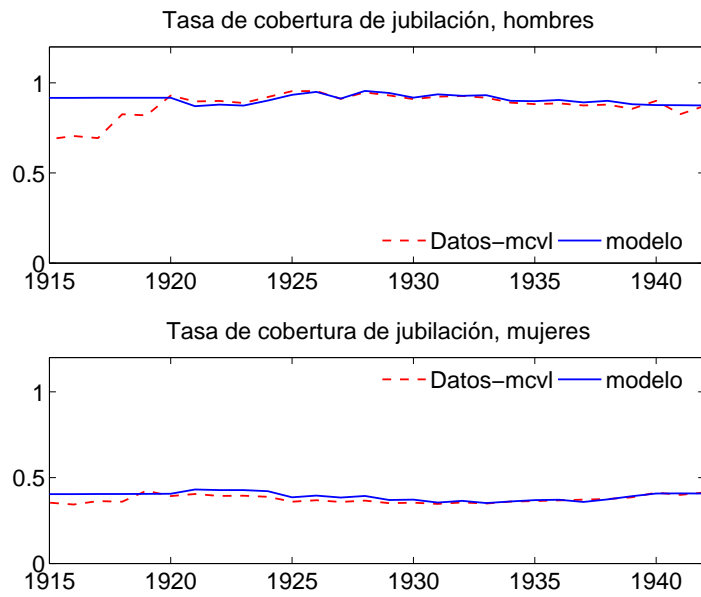


Figura 25: Tasas de cobertura en pensiones de jubilación para hombres y mujeres por cohorte (MCVL)

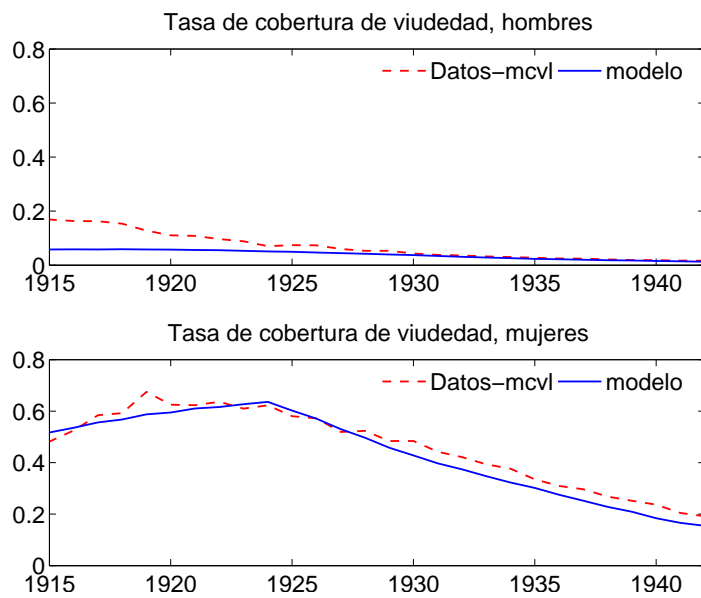


Figura 26: Tasas de cobertura en pensiones de viudedad para hombres y mujeres por cohorte (MCVL)

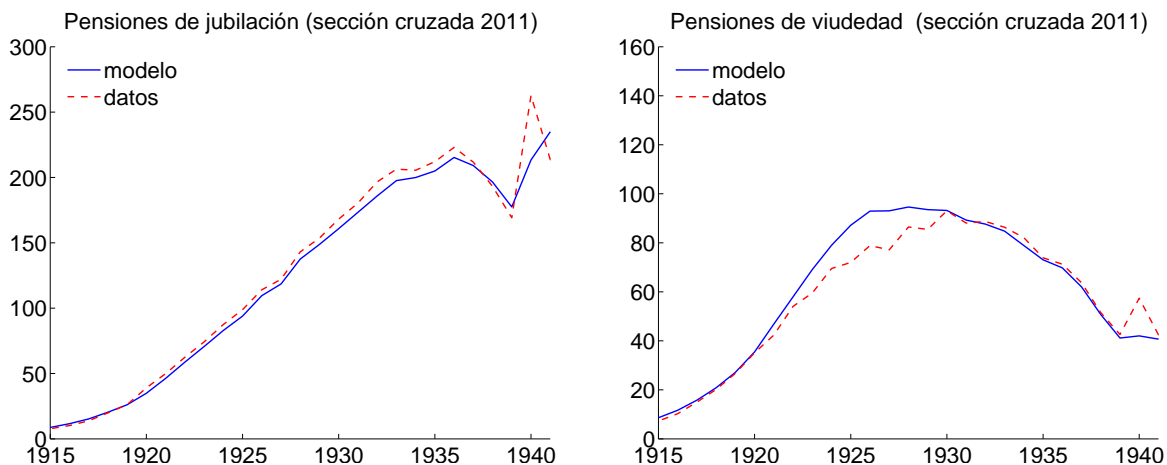


Figura 27: Número de pensiones de jubilación (izquierda) y viudedad (derecha) por año de nacimiento en 2011.

(que permite tabular el número de hogares por edad, sexo y “tipo” de hogar). Reproduciendo las tasas empíricas así calculadas en el modelo, sin embargo, no genera un ajuste enteramente satisfactorio con el número agregado de pensiones de viudedad para el total del sistema de la Seguridad Social (en 2011 y en los otros años del intervalo 2001/2014). Ante esta situación hemos optado por corregir ligeramente la información procedente de la MCVL en el caso de las mujeres (permitir un desplazamiento paralelo de sus perfiles) de modo que, *de facto*, reproduzcamos mejor las cifras agregadas del sistema en 2011.<sup>35</sup> El ajuste conseguido en términos del número de pensiones de viudedad en 2011 (panel derecho del Gráfico 27) es bastante aceptable dado lo estilizado del modelo. La misma conclusión se sigue de comparar las tasas de incidencia de pensiones de supervivencia de la MCVL y del modelo en el Gráfico 26.

<sup>35</sup>Se aplica un coeficiente de aumento del 10% a las tasas empíricas de las viudas. De este modo, la MCVL sólo nos da las posiciones relativas de las tasas de cobertura por cohorte para cada género.

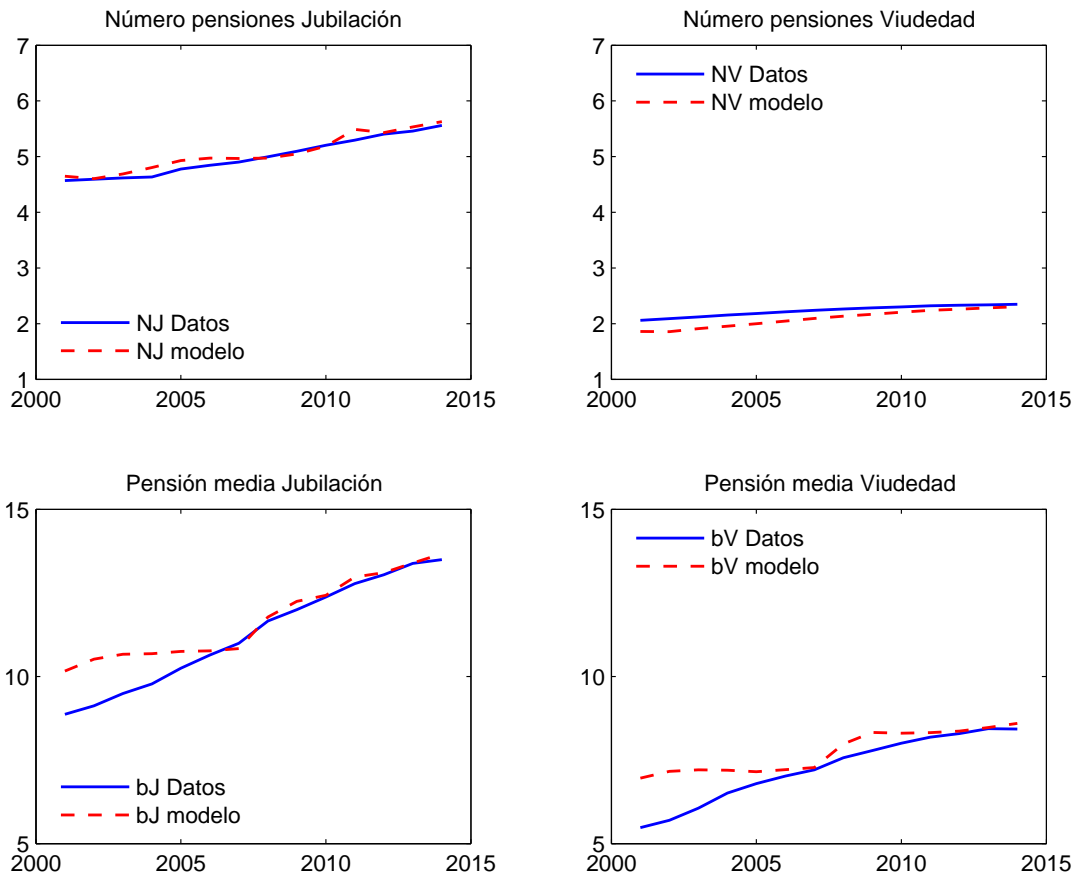


Figura 28: Series temporales del número de pensiones de jubilación y viudedad (en millones) y del valor anual medio en miles de euros de 2010.

### 4.3.2. Condiciones iniciales para activos: bases reguladoras y años cotizados

Varios componentes de la fórmula de cálculo de la pensión individual (recuérdese la expresión (8) en la sección 3.3.2) se construyen en base a información retrospectiva del ciclo vital del individuo. Cuando iniciamos la simulación, por tanto, debemos proporcionar esta información como parte de las condiciones iniciales de la simulación. En concreto, es necesario aportar el historial de años contribuidos hasta ese momento inicial y el valor de las bases reguladoras de las cohortes que, estando aún activas en el año 2001, se encuentran a una distancia inferior a 15 años de su edad de jubilación.

#### Bases reguladoras

Consideremos, por ejemplo, las mujeres nacidas en 1940 con un cierto nivel educativo. Al inicio de la simulación en el año 2001 se encontrarían ya jubiladas aquellas que optaron por un abandono temprano del mercado de trabajo (a los 60 o 61 años). El resto se jubilarán en alguno de los 9 años siguientes. El modelo debe ser capaz de reconstruir la base reguladora en cualquiera de estos años. Si, por ejemplo, se optase por la jubilación a los 65 años en el año 2005, tendríamos una base formada por 4 *retardos* de salarios determinados dentro de la simulación y 11 *retardos* dados por la condición inicial en 2001.

Calibrar esta condición inicial es algo más difícil que el cálculo de pensiones iniciales en la sección previa por una razón: en la MCVL sólo encontramos las bases reguladoras en el instante de la jubilación. Siguiendo con el ejemplo anterior, entre los miembros de la cohorte nacida en 1940 que se jubilan a los 65 años observamos la base reguladora en 2004, pero no en 2001.<sup>36</sup> En estas circunstancias hemos procedido del siguiente modo: (i) resumimos la información en la MCVL con modelos de regresión del valor de la base reguladora a la jubilación como función de la cohorte y año de jubilación (para cada nivel educativo y género); y (ii) usamos el modelo para predecir la totalidad de la base reguladora en la edad de jubilación.

La Tabla 3 muestra algunos valores representativos del tamaño de las bases reguladoras encontradas. La información sobre el ajuste del modelo se muestra en los Gráficos 55 y 56 que relegamos al Apéndice A.2. A nivel operativo el modelo procesa los datos anteriores con dos matizaciones: (1) los valores de la tabla se incluyen en el modelo como ratios al salario medio, de forma que las bases reguladoras iniciales en el modelo son sensibles a la dinámica endógena de salarios; y (2) para evitar discontinuidades respecto de las primeras pensiones plenamente endógenas del modelo, suavizamos la transición entre los valores de los datos y los valores generados en el modelo.

Un segundo aspecto a calibrar que se presenta durante el cálculo de la senda de simulación es la relación entre los ingresos laborales brutos y las bases contributivas. Al contemplar el RGSS en su conjunto vemos una ruptura de la estricta proporcionalidad reflejada en el modelo. Esto se debe a dos factores. En primer lugar, algunas formas de remuneración no generan derechos de pensiones (por ejemplo, gastos de viaje, bonos de alimentación y otras formas de remuneración *en especie*).<sup>37</sup> El segundo factor es más importante: los trabajadores afiliados al Régimen Especial de Autónomos pueden decidir el valor declarado de sus bases contributivas (con ciertas restricciones). Históricamente, la proporción de los que han declarado la base mínima durante gran parte de su vida laboral ha sido muy importante

<sup>36</sup>Es plausible argumentar que las Bases reguladoras de los que no se jubilan pueden ser significativamente diferentes de las que aquellos que lo hacen y revelan esta información.

<sup>37</sup>Cambios legislativos en los últimos años han reducido el número de conceptos excluidos de cotización.

cohorte	Educación primaria					
	Hombres			Mujeres		
	61	65	68	61	65	68
1930	13.54	12.72	11.53	8.68	7.50	6.19
1940	14.69	13.88	12.68	8.73	7.55	6.24
1950	19.76	18.95	17.75	11.27	10.09	8.78
	Educación secundaria 1a. etapa					
1930	14.02	13.01	11.63	9.12	7.76	6.26
1940	15.31	14.30	12.92	8.97	7.61	6.11
1950	20.47	19.46	18.08	11.64	10.28	8.78
	Educación secundaria 2a. etapa					
1930	18.06	16.02	13.41	10.87	8.89	6.70
1940	19.43	17.38	14.78	10.70	8.71	6.52
1950	24.06	22.02	19.41	14.83	12.85	10.66
	Educación superior					
1930	21.63	20.32	18.53	14.60	13.71	12.64
1940	23.26	21.95	20.16	15.39	14.51	13.44
1950	29.05	27.74	25.95	23.81	22.92	21.85

Cuadro 3: Condición inicial de la base reguladora conforme a la MCVL 2011, por año de nacimiento, edad de jubilación y género para trabajadores con distintos niveles educativos (miles de euros de 2010 al año)

(ver (Boldrin et al. 2004)). Para reproducir esta realidad en un modelo que no incluye explícitamente el RETA introducimos unos parámetros de holgura que reducen el valor de los ingresos brutos reconocidos en la base contributivas. Aplicamos un deflactor diferente para cada grupo educativo y los calibramos comparando (en el intervalo de calibración) los valores medios de ingresos brutos con sus bases de cotización equivalentes estimadas en la MCVL. Sus valores oscilan entre el 10% (educación baja) y el 19% (educación media), siendo algo menores entre los trabajadores de educación superior (15%).

## Años contribuidos

La longitud del historial laboral es otro de los determinantes claves del nivel inicial de la pensión. Para reproducir esta condición inicial utilizamos una estrategia similar a la descrita en pensiones y bases reguladoras: utilizamos los datos de años cotizados registrados en la MCVL-2011. Como en la sección precedente, suavizamos los datos brutos con regresiones específicas (para cada nivel educativo y género) de los años cotizados sobre el año de nacimiento y la edad de jubilación. Los Gráficos 57 y 58 en el apéndice A.3 muestran el ajuste del modelo a los datos empíricos. La Tabla 4 proporciona una visión de los resultados obtenidos con esta forma de proceder. Los historiales laborales son más largos en el caso de los hombres que abandonan de modo temprano el mercado de trabajo y han tendido a ser superiores para las cohortes más recientes.

cohorte	Educación primaria						
	Hombres			Mujeres			
	61	65	68	61	65	68	
1920	34.21	37.87	25.95	32.41	33.15	17.16	
1930	35.72	39.54	29.84	29.98	29.73	15.32	
1940	37.13	40.80	38.11	28.49	29.46	20.82	
	Educación secundaria 1a. etapa						
	1920	34.60	37.84	27.88	34.10	31.20	14.84
	1930	36.45	40.14	34.03	31.23	32.19	15.11
1940	37.69	41.36	37.30	29.24	31.79	20.69	
	Educación secundaria 2a. etapa						
	1920	36.56	38.15	28.53	34.29	32.97	19.91
	1930	36.81	40.16	29.08	31.19	31.50	17.49
1940	38.14	41.77	36.75	29.72	31.91	22.87	
	Educación superior						
	1920	35.64	38.17	29.42	32.41	33.51	17.37
	1930	36.15	40.20	26.99	31.36	33.48	19.68
1940	37.78	40.92	35.66	32.98	35.40	26.79	

Cuadro 4: Condición inicial de número de años cotizados conforme a la MCVL 2011, por año de nacimiento, edad de jubilación y género para trabajadores con distintos niveles educativos (euros de 2010)

El desafío más importante para la calibración de esta variable no está tanto en sus condiciones iniciales como en la modelización de la dinámica durante la senda de simulación. Este aspecto se estudiada con detalle en la sección 4.3.4.

### 4.3.3. Series institucionales de topes de pensiones: intervalo 2001 a 2014

El modelo incluye versiones estilizadas de los principales “topes” legislados administrativamente en el sistema de pensiones: pensiones y cotizaciones máximas, pensiones mínimas de jubilación y viudedad y bases contributivas mínimas. El Gráfico 29 muestra la dinámica desplegada por estas variables en el intervalo observable 2001/2014. En el modelo simplificamos la complejidad institucional existente, reproduciendo dos pensiones mínimas de jubilación y una única serie para cada una de las otras variables legales. Nuestra estrategia general de calibración consiste en aproximar el nivel en 2014 y reproducir exactamente la dinámica observada en el intervalo 2001/2014 aunque, como indicamos a continuación, las pensiones mínimas son una excepción a esta estrategia. El nivel en 2014 no se introduce en términos absolutos sino como ratio a la pensión media generada endógenamente en el modelo. La tabla 5 muestra el rango de valores observados en la realidad en 2014 (niveles y ratios) y sus contrapartidas en el modelo.

Por su importancia para la reproducción del saldo de ingresos y gastos de pensiones en la fórmula del IRP (ver sección 4.5.3), utilizamos un criterio de calibración distinto para las pensiones mínimas. El objetivo en este caso es reproducir el peso del gasto en las mismas en el gasto total en pensiones. Así, en 2014 las pensiones mínimas de jubilación representaban el 5.1 % del gasto total en pensiones de jubilación, mientras que en el caso de las pensiones de viudedad la proporción subía hasta el 13 %. Ajustamos el nivel de ambas pensiones en 2014 para que el modelo reproduzca estas cifras del mejor modo posible.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Aún a costa de aceptar una cierta desviación respecto de los niveles de estas variables en los datos. La discrepancia entre ambos criterios se debe a que el modelo adolece de una cierta falta de heterogeneidad en comparación con los datos reales. Esto es básicamente inevitablemente en un modelo de agentes representativos (por más que el número de estos agentes en el modelo sea muy elevado).

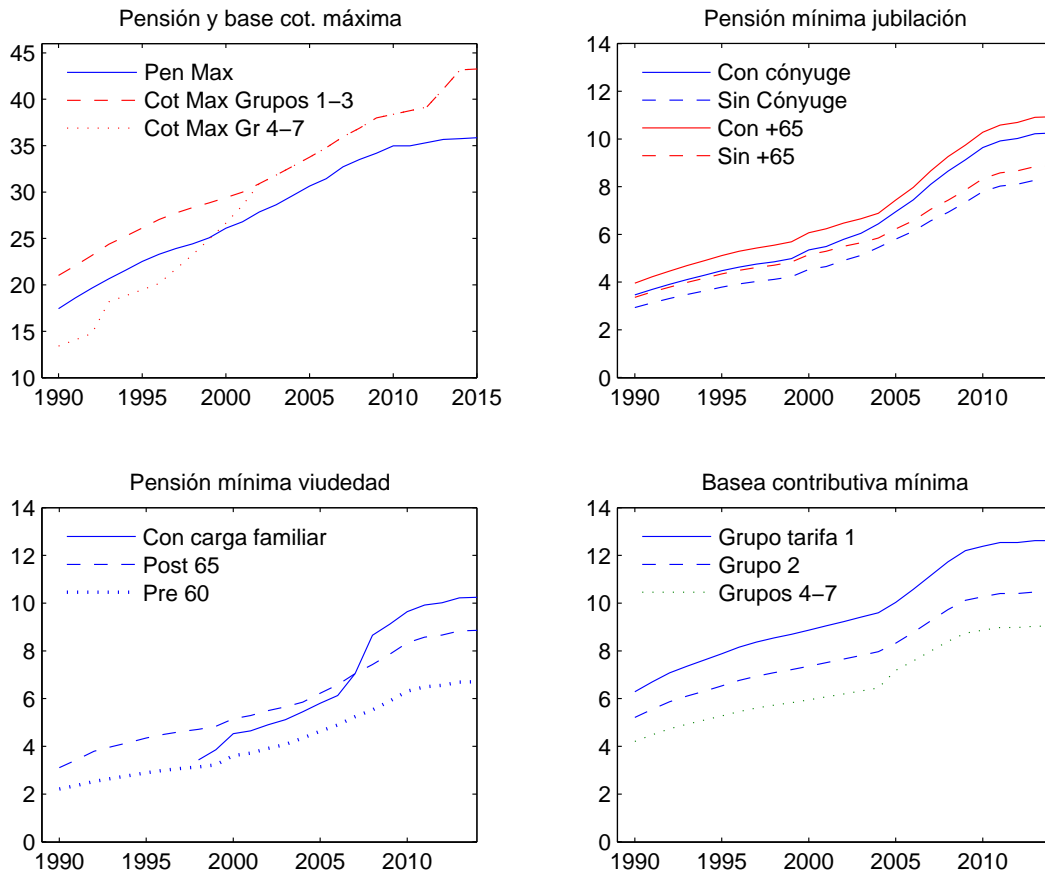


Figura 29: Evolución histórica de los topes legales del sistema de pensiones.

	DATOS		Modelo
	Nivel	Ratio a PM	Ratio a PM
Pensión máxima de jubilación, $bM$	35.76	2.55	2.56
Pensión mínima de jubilación*, $bm$	8.3/10.9	0.59/0.78	0.37/0.55
Pensión mínima de viudedad**, $bm_v$	6.7/10.2	0.47/0.73	0.47
Base Contributiva máxima, $C_m$	43.16	3.08	2.90
Base Contributiva mínima, $C_M$	9.0/12.6	0.64/0.9	0.60

Cuadro 5: [NEW] Calibración de los parámetros discretos del sistema de pensiones en 2014, expresados como ratios frente a la pensión media de jubilación, PM, (14 mil euros). Niveles en miles de euros corrientes. (\*) y (\*\*): los niveles de  $bm$  y  $bm_v$  no son objetivos de calibración.



#### 4.3.4. Proyección en la senda: años cotizados, tasas de cobertura y topes legales

La calibración no queda completa si no se especifican las reglas de cálculo aplicables a los procesos exógenos asociados al sistema de pensiones contributivas de jubilación y viudedad durante la senda de simulación. Básicamente son tres los mecanismos que requieren de este tipo de especificación: los topes administrativos legales del sistema, la dinámica de los años cotizados y las tasas de cobertura de pensiones de jubilación (porcentaje de los miembros de cada cohorte que cualifican para recibir una pensión de jubilación). De los tres procesos, el primero es el más claramente exógeno ya que, históricamente, los límites legales se han asignado discrecionalmente (con la ley de presupuestos anual). Los otros dos procesos podrían ser endógenos en el modelo, pero resultan muy difíciles de resolver satisfactoriamente en un entorno de agentes representativos. Por esta razón, en el modelo seguimos un procedimiento híbrido que combina elementos endógenos y una regla autoregresiva para su determinación.

#### Tasas de cobertura

El modelo puede calcular si un agente, dado su historial laboral, cumple la ley de Seguridad Social en términos de cualificar para recibir una pensión. Pero esto no resulta muy útil, ya que los hogares del modelo son representativos y sus historiales laborales promedian los perfiles de una multitud heterogénea de procesos reales. Simplemente, un gran número de los casos extremos que no cualificarían para recibir pensión se pierden en los perfiles suavizados promedio del modelo. La forma correcta de medir la “*tasa de cualificación*” entre los miembros de una cohorte, género y nivel educativo sería por micro simulación. Por el momento se ha propuesto una solución aproximada al problema: se especifica la tasa de cobertura por cohortes (género y educación) como un proceso autorregresivo que combina (1) los niveles iniciales observables en la MCVL para un rango de cohortes, y (2) la senda de empleo de ciclo vital generada por el modelo.<sup>39</sup> Que el proceso debe depender del cambio en la longitud de los historiales laborales es intuitivo pero, ¿por qué incorporar un proceso autorregresivo? La respuesta es que se pretende reflejar (de modo indirecto) las prácticas administrativas aplicadas (ya que los detalles de reconocimiento de los años efectivamente cotizados son complejos). Además, de este modo anclamos el modelo en unas tasas de partida razonables.

La expresión formal del mecanismo de ajuste es como sigue. La tasa de cobertura  $cob_u^{j,\tau}$  para un agente representativo de tipo  $j$  (educación y género), que se jubila a la edad  $\tau$  y que pertenece a la cohorte  $u$  se calcula:

$$cob_u^{j,\tau} = cob_{u-1}^{j,\tau} + \theta \Delta E(u, \tau, j) \quad (21)$$

con

$$\Delta E(u, \tau, j) = \frac{1}{25} \left( \sum_{i=\tau-25}^{\tau-1} E(u, i, j) - \sum_{i=\tau-25}^{\tau-1} E(u-1, i, j) \right) \quad (22)$$

donde  $E(u, i, j)$  representa la tasa de empleo de los miembros de tipo  $j$  de la cohorte  $u$  a la edad  $i$ .<sup>40</sup>

De este modo,  $\theta$  parametriza la sensibilidad al cambio en las tasas de empleo de ciclo vital entre individuos similares de cohortes sucesivas. En teoría,  $\theta$  podría calibrarse a partir de la respuesta observada en la MCVL al aumento histórico en las tasas de empleo femeninas.

<sup>39</sup>La distribución por años cotizados entre mujeres presenta un pico muy marcado en el número mínimo de años requeridos (15). Esto sugiere que la subida en la tasa de cobertura será *menor* que proporcional al aumento en el empleo de ciclo vital.

<sup>40</sup>No permitimos que la fórmula lleve la tasa de cobertura por encima de un cierto límite superior (menor a 1).

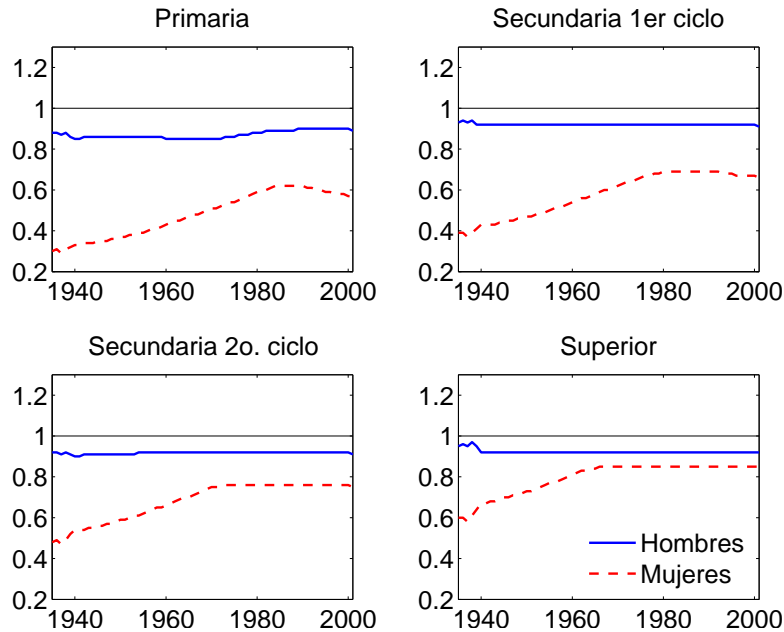


Figura 30: Tasas de cobertura por educación, genero y cohorte en el escenario principal de simulación.

La información histórica es, sin embargo, insuficiente, ya que los aumentos más importantes en las tasas de empleo de mujeres son posteriores a las cifras de pensiones actualmente observables. A la sumo podemos utilizar esta información para acotar el valor de  $\theta$ . En su lugar, hacemos análisis de sensibilidad sobre este parámetro, creando un abanico de casos diferenciados exclusivamente por esta tasa de proporcionalidad. Esta información se presenta en el documento que describe los resultados de simulación (Sánchez-Martín (2017)). Los resultados en el escenario principal de simulación (con  $\theta=0.4$  para mujeres y  $0.3$  para varones) se muestran en el Gráfico 30.

### Años cotizados

De modo similar a lo discutido en la sección precedente, observamos que el aumento en la oferta de trabajo de ciclo vital de las cohortes (tal y como se ha reconstruido en la sección 4.2.3) lleva a aumentos en la longitud de los historiales contributivos de los agentes, pero que estos aumentos no son estrictamente proporcionales. A la hora de reproducir los comportamientos observados se obtienen mejores resultados con un modelo autorregresivo similar al especificado en las ecuaciones (21) y (22) de la sección previa. De este modo, el aumento en el número de años cotizados en las sucesivas cohortes (para individuos de un cierto nivel educativo y género) refleja parcialmente las ganancias en las tasas de participación de ciclo vital. Nuevamente, la sensibilidad del proceso se calibra de acuerdo con los datos de años cotizados en el período 2001/2011 en la MCVL. Los resultados se muestran en el Gráfico 31.

### Topes legales

Para completar la calibración del sistema de pensiones es preciso especificar el marco institucional regular y las series temporales de los componentes discrecionales del sistema (o

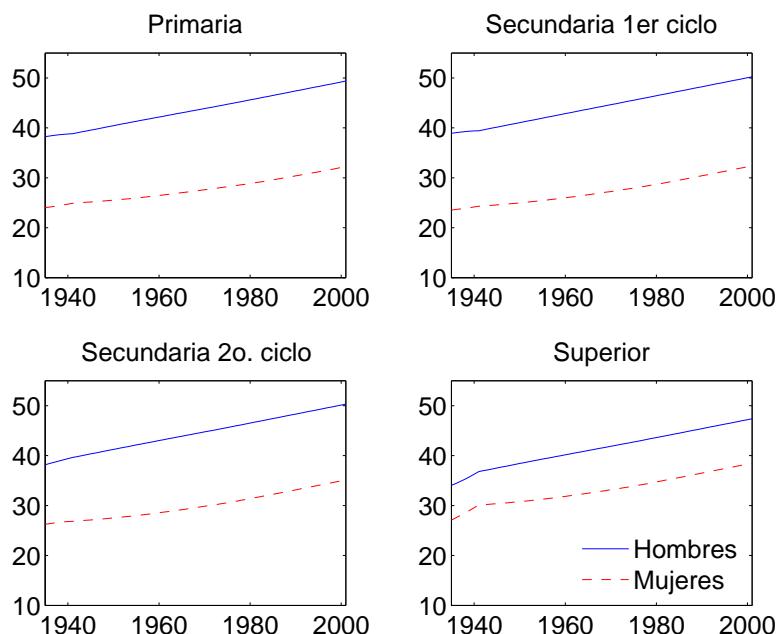


Figura 31: Número de años cotizados (por educación, género y cohorte) en el escenario principal de simulación.

las reglas dinámicas que los generan). Respecto del primer aspecto, en la simulación base operamos con las instituciones en vigor en 2015, que incluyen la aplicación progresiva de las reformas de 2011 y 2013. Esto es especialmente importante respecto de los componentes discrecionales del sistema que acotan el comportamiento de las pensiones. En la simulación suponemos que se aplica la normativa del IRP en el sentido de que todas las pensiones deben quedar indexadas con el mismo criterio. En la medida que exista un nivel mínimo de inflación, esta política va a reducir el valor real de las pensiones preexistentes. Por contra, vamos a suponer que a los topes contributivos se mantienen constantes en términos reales. De esta forma aplicamos una versión muy suavizada de la llamada “reforma silenciosa” del sistema, estudiada en Conde and González (2011). La idea central es reducir el grado de proporcionalidad en el sistema al limitar el crecimiento de las pensiones de modo relativamente mayor de lo que se limita el crecimiento de las cotizaciones. El grado de dispersión de pensiones sería menor y el sistema se aproximaría lentamente a un modelo tipo “Beveridge” en que el sector público se limita a proporcionar una pensión básica.<sup>41</sup>

El comportamiento de los topes en la simulación base, tanto en términos nominales como reales, se muestra en el Gráfico 32. Como no podía ser de otro modo con los supuestos anteriores, llama la atención el distinto comportamiento de las bases de cotización frente a las pensiones mínimas y máxima. En particular, si la tendencia actual se mantuviese en el tiempo, la pensión máxima representaría menos del 50 % de la base máxima más allá de 2050 (Gráfico 33).

<sup>41</sup>Las versiones anteriores de este modelo (incluyendo el D.T. del Banco de España (Sánchez-Martín (2014)) también han incluido versiones suavizadas de este mecanismo. La diferencia es cuantitativa, ya que en las versiones previas si se transmitía una parte del aumento de la productividad a todas las pensiones (o, al menos, a las pensiones mínimas), mientras que la cotización máxima se actualizaba con el crecimiento de la productividad.

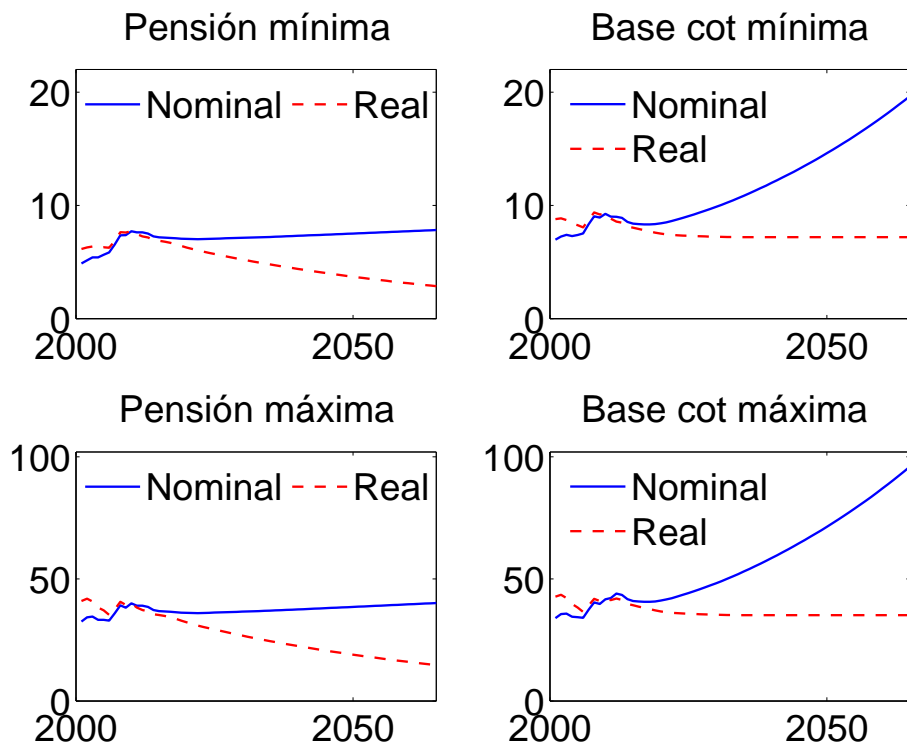


Figura 32: Senda simulada de los topes legales en pensiones y bases contributivas (valores nominales y valores reales en miles de euros de 2010)

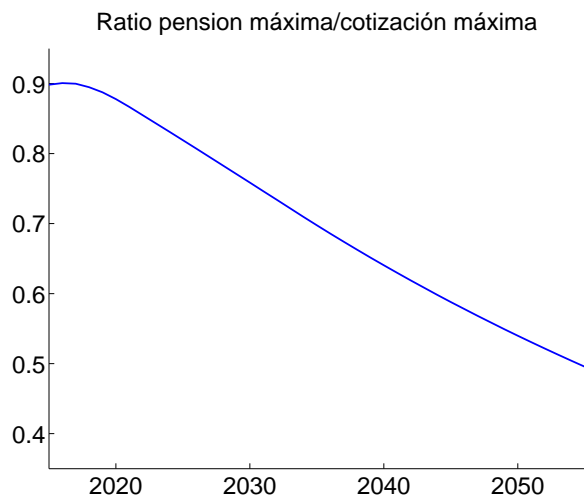


Figura 33: Ratio de la pensión máxima a la base máxima de cotización en la senda simulada base.

#### 4.4. Modelización de otras pensiones del sistema

Los costes de modelizar los detalles institucionales del sistema de pensiones y sus efectos agregados son muy importantes. La presencia de diversos regímenes de pensiones (RGSS, RETA, RCP) obliga, a todos los efectos, a tratar a sus miembros como agentes diferentes (ya que sus reglas de cotización y las normativas de pensiones son distintas).<sup>42</sup> La inclusión de seguros públicos más allá de las pensiones de jubilación también implica retos de programación importantes, aunque no tan complejos como los planteados por la diversidad de regímenes.

En perspectiva histórica, los modelos de equilibrio han avanzado poco en el esfuerzo por mejorar la reproducción de los detalles institucionales. Desde un punto de vista académico, el objetivo de estos modelos es extraer lecciones cualitativas relevantes, más que aspirar a generar proyecciones cuantitativas detalladas. Por contra, nuestra intención en el desarrollo progresivo de este modelo ha sido mejorar continuamente en la dimensión cuantitativa.<sup>43</sup>

La realidad es que los cambios normativos recientes obligan a modelizar aspectos agregados de las otras pensiones del RGSS y de las pensiones del régimen de RCP, incluso si el trabajo se centra sólo en pensiones de jubilación. Así, el factor de revalorización introducido en 2013 (el IRP) depende de la evolución de los ingresos y gastos de todo el sistema de pensiones contributivas de la Seguridad Social. Por otra parte, la recomendación de integrar regímenes del Pacto de Toledo se ha materializado en una disposición que obliga a la inclusión en el Régimen General de la Seguridad Social de los funcionarios de la Administración del Estado a partir de 2012. De este modo, las cotizaciones y gasto en este sistema se verán afectados por la dinámica de los afiliados al RCP. En la versión actual del modelo damos un pequeño paso adicional al considerar una modelización agregada de (i) la dinámica de las otras pensiones contributivas del régimen general de la Seguridad Social (pensiones de incapacidad temporal, orfandad y favor familiar) y (ii) la dinámica del RCP. El objetivo es lograr una representación razonable del IRP y del RGSS. La sub-sección 4.4.1 revisa el trabajo relativo a las otras pensiones contributivas del RGSS, mientras que la sub-sección 4.4.2 repasa los cambios introducidos en relación al RCP.

##### 4.4.1. Otras pensiones contributivas del RGSS

A efectos de construir una serie razonable de los ingresos y gastos del sistema de pensiones, hemos reconstruido las series del número de pensiones y pensión media de incapacidad permanente (IP), orfandad y favor familiar (estas dos últimas se tratan de modo agregado y se refieren como OyFF). Las series históricas entre los años 2001 y 2015 se toman directamente de la información pública de la Seguridad Social (Gráfico 34). Para la proyección durante la senda de simulación incorporamos dos supuestos:

- Para las pensiones de Incapacidad Permanente de los varones se mantienen constantes las tasas de incidencia por edad observadas en los datos (panel izquierdo del Gráfico 35). Para las mujeres replicamos las tasas de incidencia de los datos como valor inicial,

---

<sup>42</sup>De modo más preciso: los hogares en que conviven personas que pertenecen a regímenes distintos (y, obviamente, los hogares unipersonales) deben ser tratados como agentes diferentes. Más aún, existe la posibilidad de que los trabajadores cambien de régimen durante su vida (por ejemplo, entre el RGSS y el RETA). A día de hoy, nos parece que los costes de programación de estas situaciones son demasiado elevados para la ganancia en realismo que proporcionan al modelo.

<sup>43</sup>Así, el modelo inicial sólo incluía pensiones de jubilación y una edad de retiro única. Después incluimos pensiones de viudedad y modelización a nivel de hogar. Una tercera mejora introdujo heterogeneidad en la edad de jubilación de hogares con iguales características observables.

pero suponemos un proceso de convergencia progresivo a las tasas de los varones a lo largo del intervalo de simulación.

El panel izquierdo del Gráfico 36 muestra las series resultantes al aplicar estos porcentajes al número de pensiones de jubilación y viudedad generados endógenamente en el modelo.

- Para las pensiones de Orfandad y Favor Familiar, se mantienen constantes las tasas de incidencia por edad observadas en los datos (panel derecho del Gráfico 35). De nuevo, el panel izquierdo del Gráfico 36 muestra las series de número de pensiones resultantes de aplicar estos porcentajes en el modelo.
- Para los valores medios, simplemente suponemos que se forma un valor inicial igual al observado en 2015, ajustado por la aplicación del índice de revalorización durante la senda de simulación. Suponemos, por tanto, que la tendencia ligeramente creciente observada en la series histórica no continuará en el clima de austeridad implantado por las últimas reformas. La series resultantes se representan en el panel derecho del Gráfico 36.

Finalmente, el Gráfico 37 representa el peso del gasto en pensiones IP y OyFF en la senda de simulación. La senda es claramente decreciente hasta entorno al año 2050, en que adopta un perfil más plano. Inicialmente las caídas en el nivel de la pensión son compensadas por aumentos en su número, pero esto cambia a partir de 2030 (aproximadamente). Entre 2030 y 2050 tanto la pensión media como el número de pensiones caen, generando reducciones en el gasto de entorno a un 3 % anual durante los años centrales de este intervalo. En este tramo final, sin embargo, la caída de la pensión media es más suave (ya que, junto a la aplicación del IRP, suponemos que se trasladan a la misma las mejoras salariales inducidas por la productividad). Por supuesto, es perfectamente posible que se sigan políticas de dotación de estas pensiones diferentes a los supuestos antes indicados.

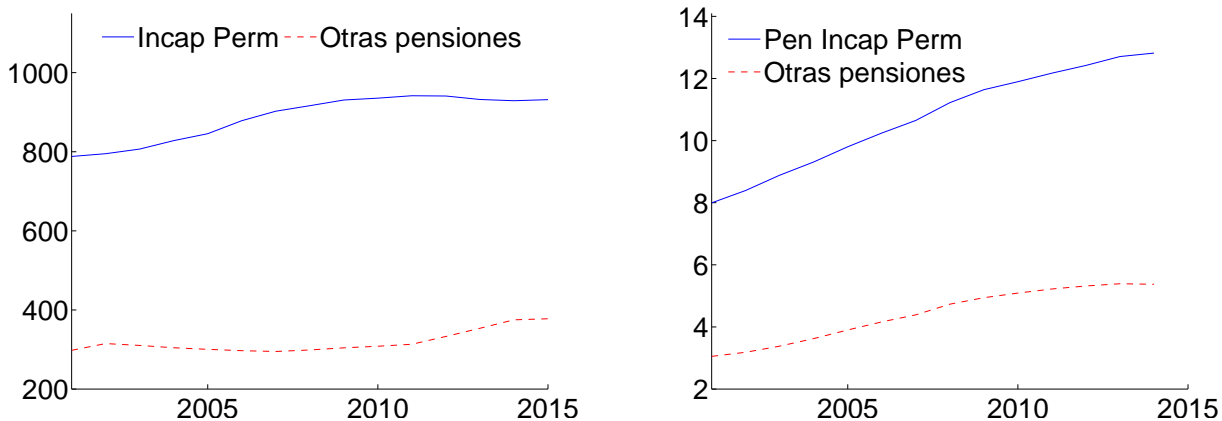


Figura 34: Datos históricos 2001 a 2015: número de pensiones de Incapacidad Permanente y “otras pensiones” (Orfandad y Favor familiar), en miles (izquierda) y valor medio de las mismas, en miles de euros de 2010 (derecha)

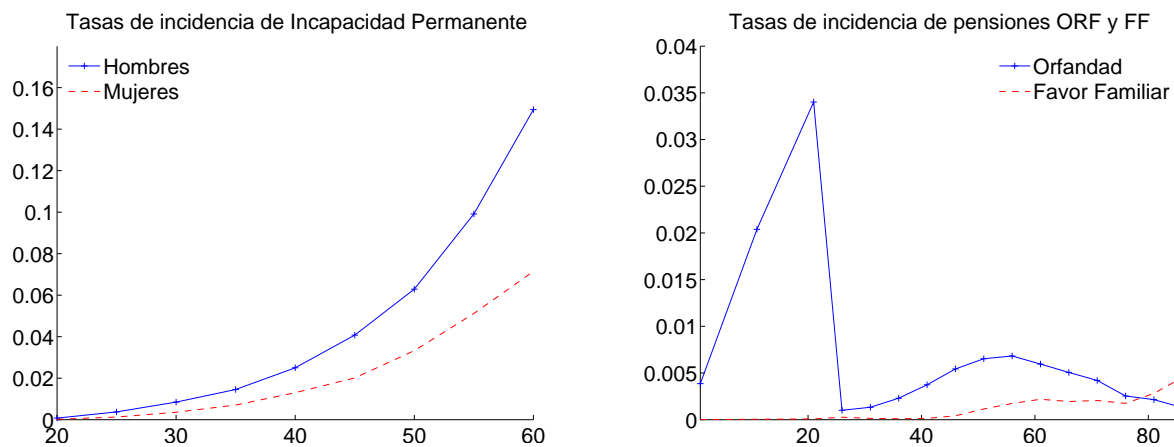


Figura 35: Tasas de incidencia de las pensiones de Incapacidad Permanente (izquierda) y de “otras pensiones” (Orfandad y Favor familiar) (derecha) en 2013.

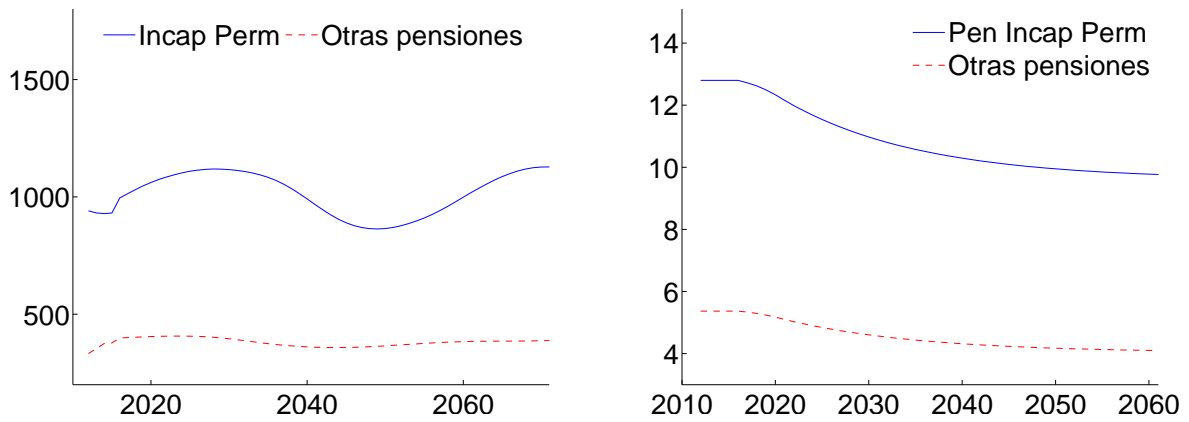


Figura 36: Senda de simulación: número de pensiones de Incapacidad Permanente y otras pensiones (Orfandad y Favor familiar), en miles (izquierda) y valor medio de las mismas, en miles de euros de 2010 (derecha)

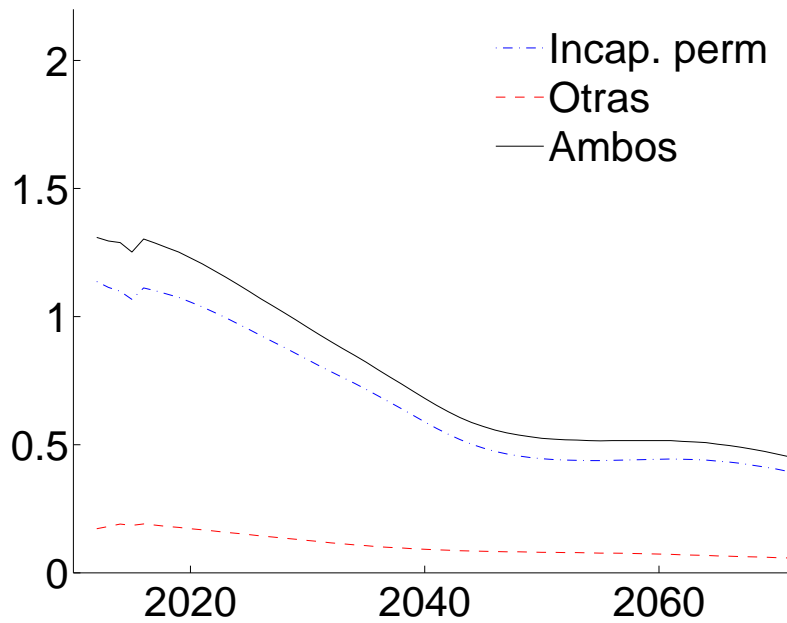


Figura 37: Peso en el PIB del gasto en pensiones contributivas de incapacidad permanente y otras pensiones del Régimen General de la Seguridad Social (Orfandad y Favor familiar)



#### 4.4.2. Régimen de Clases Pasivas

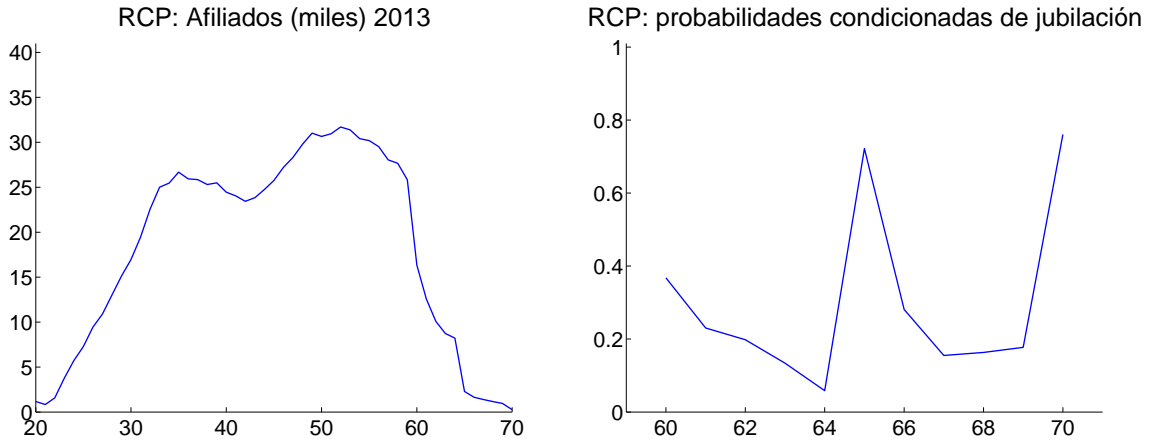


Figura 38: Régimen de clases pasivas en 2013: stock de afiliados por edad y “hazard rates” de jubilación (probabilidad de jubilación condicional a estar activo a cada edad).

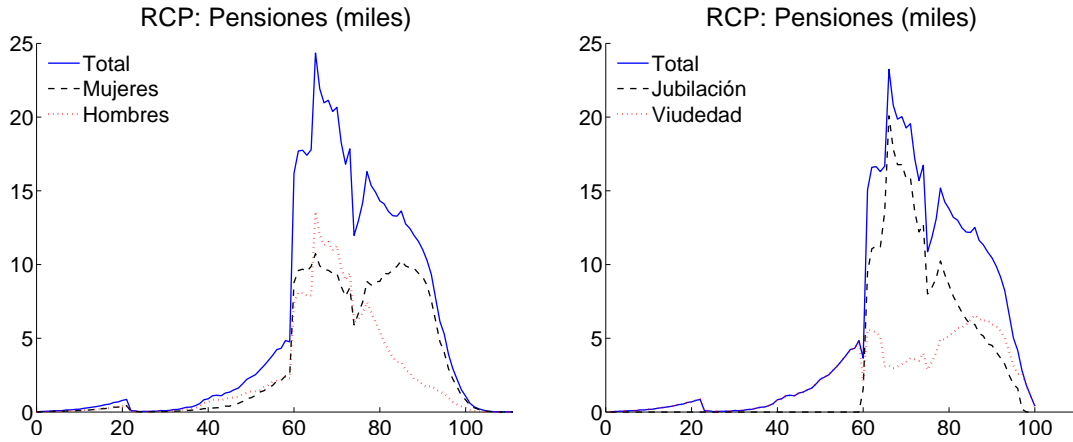


Figura 39: Régimen de clases pasivas en 2013: distribución del número de pensiones por género y edad (izquierda) y por tipo de pensión y edad (derecha)

Fruto del impulso homogeneizador promovido por la Recomendación número 4 del Pacto de Toledo, el Régimen de Clases Pasivas (RCP) está inmerso en un proceso de conversión progresiva al Régimen General desde el 1 de enero de 2011.<sup>44</sup> En consecuencia, simulamos la desaparición “natural” de este sistema (no se permiten nuevos afiliados, de forma que las bajas por mortalidad reducen paulatinamente los stocks iniciales de afiliados y pensionistas). Durante este proceso, en cualquier caso, el RCP contribuye apreciablemente a nuestro indicador más amplio de gasto total en pensiones.

<sup>44</sup>El Artículo 20 del Real Decreto-ley 13/2010, de 3 de diciembre, *de actuaciones en el ámbito fiscal, laboral y liberalizadoras para fomentar la inversión y la creación de empleo*, establece la inclusión obligatoria en el Régimen General de la Seguridad Social del personal afiliado al Régimen de Clases Pasivas (con ciertas excepciones recogidas en el texto refundido de la Ley de Clases Pasivas del Estado, Real Decreto Legislativo 670/1987, de 30 de abril).

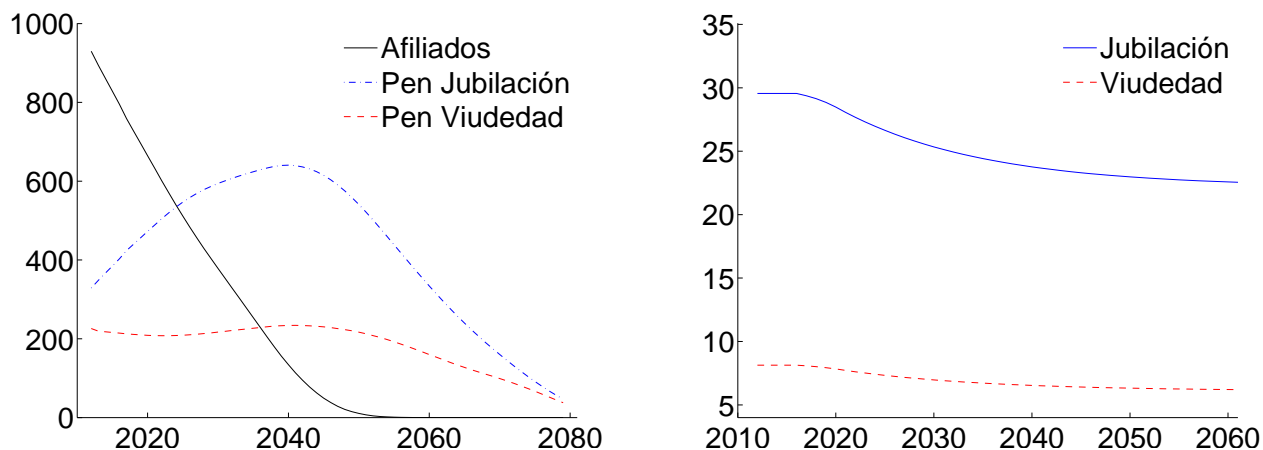


Figura 40: Número de pensiones y afiliados al Régimen de Clases Pasivas, en miles (izquierda) y valor medio de las pensiones de jubilación y viudedad en el mismo, en miles de euros de 2010 (derecha)

Calibrar el Régimen de Clases Pasivas es más difícil que las pensiones de la Seguridad Social por la menor cantidad de información pública disponible<sup>45</sup> Combinando las fuentes de información indicadas en el pie de página 45 podemos reconstruir las condiciones iniciales del sistema en 2013: el número de afiliados por edad (panel izquierdo de 38), el número de pensionistas de jubilación y viudedad (representado en el panel derecho del Gráfico 39) y los valores iniciales de las pensiones de jubilación y viudedad (29.5 y 8.1 miles de euros de 2010). Para las condiciones existentes antes de 2013 nos basta con reproducir los datos agregados de gasto y número de pensiones.

Durante la senda de simulación simplemente suponemos el agotamiento natural del sistema bajos los efectos de:

- tasas de mortalidad que suponemos iguales a las sufridas por la población en general;
- tasas condicionales de jubilación por edad invariantes en el tiempo, que inferimos a partir de la estructura de cotizantes por edad en 2013 (representadas en el panel derecho del Gráfico 38).
- tasas de generación de pensiones de viudedad proporcionales al número de bajas entre los pensionistas de jubilación (manteniendo constante el coeficiente de proporcionalidad observado en 2011).

La dinámica resultante en el número de pensiones y afiliados del sistema se muestra en el panel derecho del Gráfico 40. La pensión media de cada tipo se obtiene aplicando el IRP de simulación a las pensiones medias observadas en 2013. El peso del gasto sobre el PIB resultante bajo estos supuestos se muestra en el panel izquierdo del Gráfico 41. Pese a la progresiva desaparición del régimen, hacer frente al pago de las pensiones ya comprometidas lleva a un ligero aumento en el peso del gasto desde un valor algo menor al 1.2% del PIB hasta una cifra entorno al 1.3% en 2025. Desde esa fecha en adelante el peso del gasto cae progresivamente.

<sup>45</sup>Se dispone de información de serie temporal sobre el gasto agregado, número agregado de pensiones y altas y bajas de pensiones, todo ello por tipo de pensión. En respuesta a una petición de información desde FEDEA hemos podido incorporar los datos sobre la distribución por edad y género de pensionistas y afiliados en 2013 que se muestra en el texto principal.

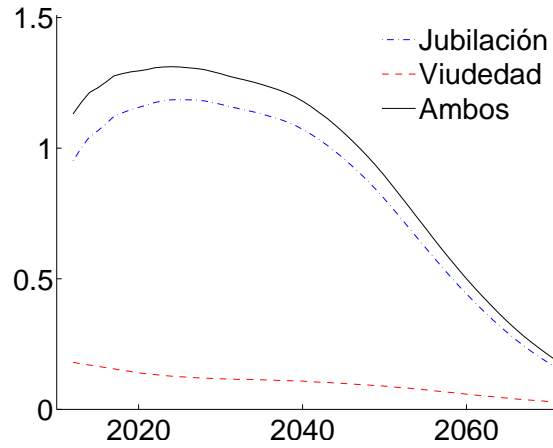


Figura 41: Régimen de Clases Pasivas: Peso porcentual del gasto en pensiones contributivas de vejez e invalidez sobre el PIB

Las cotizaciones sociales de los futuros funcionarios del Estado incorporados al Régimen General constituyen un último factor a tener en cuenta al modelizar la extinción del RCP. Suponiendo que la diferencia salarial de los nuevos afiliados respecto de los afiliados medios al RGSS se mantiene, y aplicando los mismos tipos contributivos, encontramos una aportación de recursos adicionales modesta pero apreciable. De esta forma, la Seguridad Social obtendría unas cotizaciones extra que alcanzan entorno a un 0.2 % del PIB en 2025 y un 0.35 % en 2050.

## 4.5. Balance agregado del sistema y Fondo de Reserva

En esta sección revisamos los niveles de gasto e ingreso del sistema de pensiones en el intervalo 2001 a 2014 (secciones 4.5.1 y 4.5.2). El saldo del sistema ha tomado un protagonismo especial tras la reforma de 2013, que lo convierte en un “input” importante en la determinación del valor de actualización anual de las pensiones. En la sección 4.5.3 revisamos la formación del IRP en el modelo. También utilizamos la métrica del “Índice de Salud Financiera” (ISF) como indicador de serie temporal de la sostenibilidad agregada del sistema de pensiones. La sección 4.5.4 muestra su comportamiento en el intervalo de calibración. Finalmente, la sección 4.5.5 revisa el comportamiento del Fondo de Reserva del sistema, gobernado conforme a las reglas dinámicas presentadas en la sección 3.4.

### 4.5.1. Gastos agregados

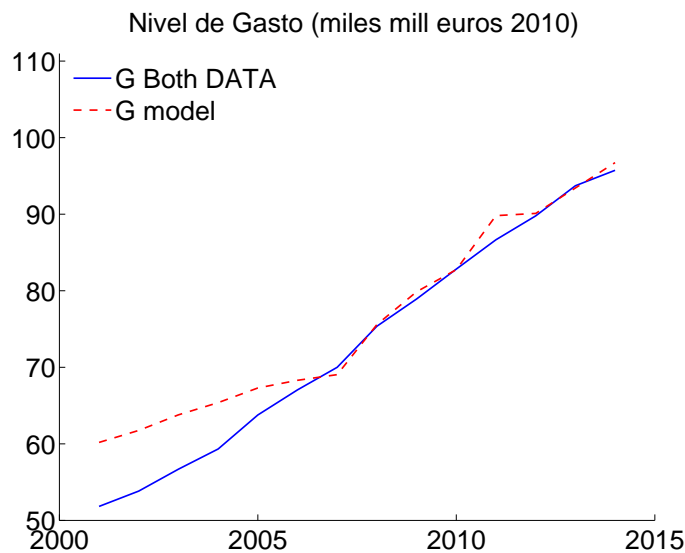


Figura 42: Gasto agregado en pensiones de jubilación y viudedad en el modelo y en los datos (en miles de millones de euros de 2010).

Aunque el modelo no puede reproducir todos los detalles del complejo sistema en vigor, si tiene bastante éxito en la reproducción de los valores medios de sus variables fundamentales (número de pensiones y su cuantía media, representados en el Gráfico 28). La consecuencia inmediata es que el modelo hace un trabajo razonable en la reproducción de los niveles absolutos de gasto en pensiones de jubilación y viudedad en el intervalo 2001/2014. El Gráfico 42 muestra la calidad del ajuste conseguido, que es buena en la segunda parte del intervalo muestral de referencia.

Una segunda métrica usada habitualmente para evaluar la calidad del ajuste del modelo, expresa el gasto en pensiones de jubilación y viudedad como porcentaje del PIB (que en adelante referiremos como  $GPENS/PIB$ ). El panel izquierdo del Gráfico 43 muestra el comportamiento del modelo en esta dimensión en el intervalo inicial de calibración. El ajuste también es satisfactorio, aunque se sobrevalora ligeramente al gasto real al inicio de la serie temporal y se infravalora en los últimos dos años (debido a un valor simulado del PIB ligeramente mayor al observado). En particular, el modelo es capaz de reproducir el cambio de tendencia observado tras la gran recesión de 2008.

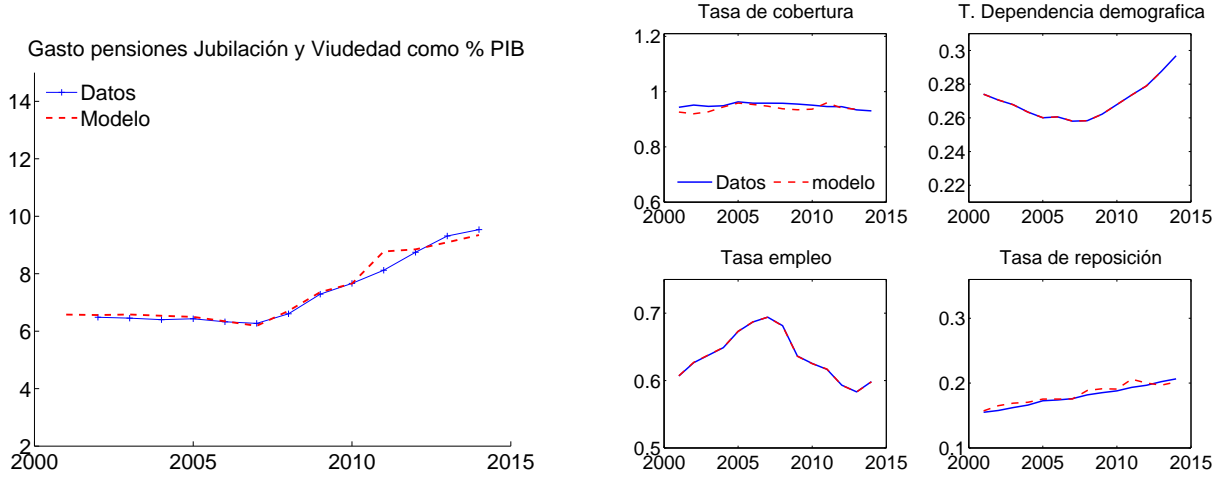


Figura 43: Ratio del gasto en pensiones de jubilación y viudedad sobre el PIB en la senda de calibración 2001/2014 (izquierda) y sus determinantes conforme a la ecuación (23) (derecha).

Factores demográficos, laborales e institucionales influyen en este indicador agregado, de modo que procedemos a su descomposición en cuatro determinantes fundamentales:<sup>46</sup>

$$\frac{GPENS}{PIB} = RPP * COB * DEP * ITE \quad (24)$$

donde  $RPP$  es el ratio de la pensión media al producto medio por empleado;  $COB$  es la tasa de cobertura (ratio de jubilados a población mayor de 65 años);  $DEP$  es la tasa de dependencia demográfica e  $ITE$  es la inversa de la tasa de empleo (número de empleados dividido por la población en edad de trabajar). El panel derecho del Gráfico 43 presenta la dinámica de los cuatro factores durante la senda de calibración 2001/2014, tanto en los datos reales como en el modelo. El ajuste es bueno, aunque existen algunas pequeñas discrepancias (en algunos años) en las tasas de reposición y de cobertura. El éxito en la reproducción de los determinantes del ratio  $GPENS/PIB$  supone un respaldo importante al modelo, ya que este indicador combina un gran número de los componentes (tanto endógenos como exógenos) de la estructura del programa de simulación.

#### 4.5.2. Cotizaciones sociales y saldo agregado del sistema de Seguridad Social

El sistema de pensiones contributivas de la Seguridad Social se financia mediante el mecanismo de cotizaciones sociales descrito en la sección 3.3.1.<sup>47</sup> El sistema se alinea con la realidad de modo muy sencillo: simplemente se selecciona un tipo único de cotización que reproduce la cuantía (en proporción al PIB) recaudada como cuotas sociales por las

<sup>46</sup>La expresión (24) se genera, en cada período  $t$ , a partir de la identidad contable siguiente:

$$\frac{GPENS^t}{PIB^t} = \left( \frac{\bar{b}^t}{\bar{y}^t} \right) \left( \frac{J^t}{E^t} \right) = \left( \frac{\bar{b}^t}{\bar{y}^t} \right) \left( \frac{J^t}{P_{+65}^t} \right) \left( \frac{P_{+65}^t}{P_{20-64}^t} \right) \left( \frac{P_{20-64}^t}{E^t} \right) \quad (23)$$

donde  $\bar{b}^t$  es la pensión media por jubilado;  $\bar{y}^t$  es el producto medio por empleado;  $J^t$  es el número de jubilados,  $P_{+65}^t$  es la población de mayores de 65 años,  $P_{20-64}^t$  la población en edad de trabajar y  $E^t$  es el empleo total.

<sup>47</sup>Todos los cálculos en esta sección excluyen las pensiones del régimen de Clases Pasivas, gestionadas por la Administración Central del Estado.

Administraciones Públicas en 2014.<sup>48</sup> La parte fundamental de estos ingresos la constituyen las cotizaciones gestionadas por la administración de la Seguridad Social, a las que nos referimos en el resto de esta sección. Un ejemplo de las cifras obtenidas en la simulación de nuestro modelo se presenta en la primera línea (variable COT) de la Tabla 6. Se muestra el valor agregado de las cotizaciones recaudadas en 2014. La cifra equivalente en los datos se presenta en la Tabla 7.<sup>49</sup>

Para reconstruir el **saldo del sistema** de Seguridad Social es necesario incorporar todas las fuentes de ingresos y todos los gastos del sistema. En consecuencia, incluimos:

- las transferencias del Estado para financiar los complementos de mínimos (PMIN-TR) en la segunda línea de cada tabla.
- la agregación de todos los otros ingresos (tasas, recargos, ingresos patrimoniales, ...) en la tercera línea de cada tabla.

Por el lado de los gastos, agregamos al gasto en pensiones contributivas de la seguridad social (primera línea de cada tabla) una segunda partida que incluye la suma de otras prestaciones contributivas y de los gastos administrativos del sistema.<sup>50</sup> La diferencia entre los totales de ingresos y gastos nos proporciona una estimación del saldo financiero de la seguridad social, que juega un papel relevante en la elaboración de la restricción presupuestaria pública anual (sección 4.6), del IRP en la sección 4.5.3 y en nuestro indicador de salud financiera de la sección 4.5.4. A continuación revisamos la capacidad del modelo para reproducir el saldo financiero del sistema en 2014, tal y como reflejan las Tablas 6 y 7. En la sección siguiente discutiremos el ajuste en la calibración durante el intervalo 2009/2014, que proporciona las condiciones iniciales en la construcción del IRP y del ISF.

---

<sup>48</sup>Las cifras agregadas también dependen de los valores calibrados para las bases contributivas máximas y mínimas, discutidas en la sección 4.3.4.

<sup>49</sup> La información procede de los Cuadros *II.5 (Evolución de los ingresos liquidados)*, *II.11 (Gastos y dotaciones: clasificación económica)*, *II.9 (Evolución de gastos y dotaciones por entes gestores)* y *II.14 (Trasferencias corrientes)* del proyecto de presupuestos 2016 (Vol V del Informe económico-financiero de la Seguridad Social, Min. de Empleo y Seguridad Social (2015)).

<sup>50</sup>Para calcular el gasto total en pensiones en España es preciso incluir los gastos relativos al régimen de Clases Pasivas. Este cálculo se realiza, por ejemplo, para comparar los resultados de nuestra simulación con la proyección del AWG (que se incluye en el documento anexo Sánchez-Martín (2017)).

	Ingresos		Gastos		
	Corrientes (mm)	% PIB	Corrientes (mm)	% PIB	
COT=	103.0	9.53	GPENs=	112.1	10.38
PMIN-TR=	7.8	0.72	G-Otros=	11.8	1.09
I-Otros=	4.0	0.37			
Total =	114.9	10.63	Total=	123.9	11.47

Cuadro 6: Componentes del saldo financiero del sistema de pensiones en 2014: resultados del modelo. Variables en miles de millones de euros corrientes y en % del PIB. COT=Cuotas sociales recaudadas por la seguridad social; GPENs= Gasto en pensiones contributivas de jubilación, viudedad, incapacidad permanente, orfandad y favor familiar. PMIN\_TR= transferencias del presupuesto general para financiación de complementos de mínimos. (terminología introducida en la Tabla 1 de la sección 3.3.6).

	Ingresos		Gastos		
	Corrientes (mm)	% PIB	Corrientes (mm)	% PIB	
COT=	99.1	9.51	GPENs=	112.2	10.77
PMIN-TR=	7.5	0.72	Otros G=	11.6	1.11
Otros I=	3.9	0.37			
Total =	110.5	10.60	Total=	123.7	11.88

Cuadro 7: Componentes del saldo financiero del sistema de pensiones en 2014: resultados en los datos. Variables en miles de millones de euros corrientes y en % del PIB. COT=Cuotas sociales recaudadas por la seguridad social; GPENs= Gasto en pensiones contributivas de jubilación, viudedad, incapacidad permanente, orfandad y favor familiar. PMIN\_TR= transferencias del presupuesto general para financiación de complementos de mínimos.

Comparando las tablas del modelo y de los datos vemos que el modelo reproduce de modo razonablemente aproximado la realidad empírica. Por un lado, los componentes de ingresos en porcentaje del PIB ajustan (por construcción) perfectamente a lo datos. Sus cifras nominales no son, en cambio, idénticas debido a diferencias entre el PIB de los datos y el PIB endógeno del modelo. Para los gastos, observamos básicamente lo contrario: se ajusta muy bien el gasto nominal y se yerra algo en los porcentajes sobre PIB. Esto se debe a que las estrategias de calibración de los dos componentes, descritas en las secciones previas, han sido diferentes. El resultado de gastos resulta de la combinación de varios procesos de calibración en niveles (número de pensiones y pensiones medias, pensiones mínimas y máximas, edades de jubilación ...), mientras que para las cotizaciones hemos preferido reproducir la estabilidad de su ratio sobre PIB. En conjunto, el déficit inicial (unos 9 mil millones de euros o un 0.85 % del PIB) es algo menor que los datos. Este punto de partida (con las cotizaciones algo por encima de sus valores nominales) nos parece razonable, ya que el modelo no está especialmente bien preparado para representar las fluctuaciones cíclicas y pensamos que las cifras de ingresos más recientes aún tienen un pequeño margen de mejora (reversión a la media) por esta vía.

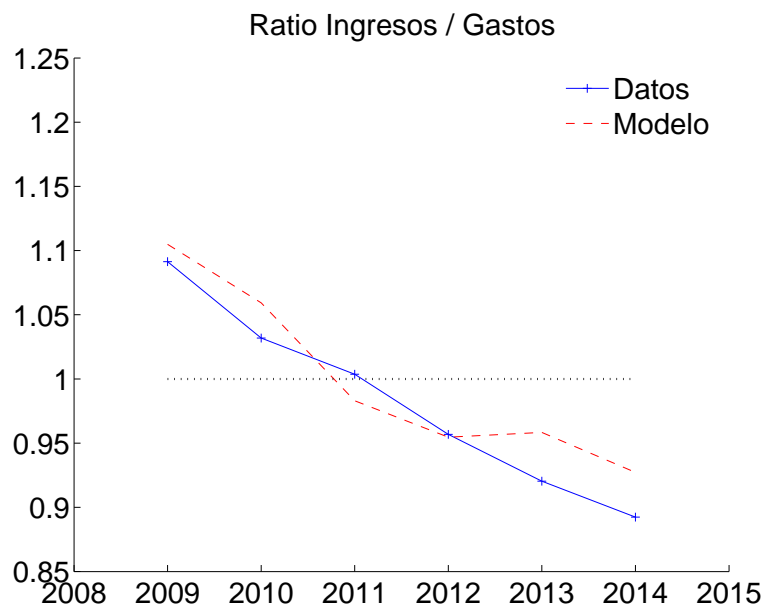


Figura 44: Ratio de ingresos y gastos del sistema de pensiones conforme a los conceptos incluidos en el IRP, durante el intervalo de calibración 2009 a 2014.

#### 4.5.3. Calibración del IRP 2009/2014 y supuestos de proyección

En la construcción de los distintos componentes del Índice de Revalorización de Pensiones (discutidos en detalle en la sección 3.3.4) utilizamos la catalogación de ingresos y gastos presentada en la sección previa. En ella comentamos los valores obtenidos para estas variables en 2014, reflejados en las Tablas 6 y 7. A efectos del cálculo de IRP necesitamos valores calibrados para el intervalo 2009 a 2015 (y luego valores endógenos durante toda la senda de simulación). Para la construcción de los valores históricos calibrados procedemos del siguiente modo:

- Ingresos del sistema

El modelo refleja 3 componentes de ingresos: (1) Cotizaciones de la Seguridad Social; (2) aportación de la Administración Central para financiar los complementos de mínimos de pensiones y (3) “otros ingresos”. Para generar estas variables, el modelo opera de dos formas distintas:

1. Las cotizaciones de la seguridad social son generadas endógenamente, conforme se describe al comienzo de la sección previa.
2. El gasto en complementos de mínimos también es endógeno en el modelo. Su calibración se aborda en la sección 4.3.3.
3. Para el componentes (3) utilizamos información histórica sobre el peso de los “otros ingresos” sobre las cotizaciones sociales. Esta información se obtiene del Informe económico-financiero de la Seguridad Social, Min. de Empleo y Seguridad Social (2015), tal y como se describe en la sección previa. Reproducimos, por tanto, los ratios sobre cotizaciones de este componente, aunque sus niveles (que son las variables que efectivamente entran en la fórmula del IRP) dependen de la evolución endógena de las mismas.

- Gastos del sistema



El modelo incorpora tres variables: (1) el peso de las pensiones contributivas de jubilación y viudedad, (2) el peso de “Otras pensiones” contributivas (incapacidad permanente, orfandad y favor familiar) y (3) “Otros gastos” en transferencias contributivas diferentes a pensiones y gastos administrativos. Para calibrarlas se siguen dos procedimientos diferentes:

1. Los gastos en pensiones se generan endógenamente en el modelo. Su calibración se ha discutido en las secciones 4.3 (jubilación y viudedad) y 4.4.1 (otras pensiones).
2. Para los “Otros Gastos” se usa la información relevante del Informe económico-financiero de la Seguridad Social Min. de Empleo y Seguridad Social (2015) (detallada en la sección previa). En concreto, se calcula su peso en relación al gasto en pensiones contributivas de jubilación y viudedad (que es la variable endógena mejor calculada por el modelo). En la simulación reproducimos estos pesos relativos en el intervalo 2009 a 2014.

El Gráfico 44 ilustra el resultado del proceso de calibración representando el ratio de ingresos y gastos en el intervalo de calibración 2009 a 2014.<sup>51</sup> Las series generadas por el modelo se comparan con su equivalente empírico, construido utilizando las fuentes de datos descritas en la sección precedente. El modelo se comporta bastante bien en el intervalo, aunque en los últimos años tiende a generar un ratio de ingresos algo mayor que en los datos. Este problema se ha evaluado al final de la sección previa, al discutir el resultado de nuestra estrategia de calibración de la cotizaciones sociales.

Para la senda de simulación, el modelo genera endógenamente los ingresos por cotizaciones y recupera del mismo los “Otros ingresos” bajo el supuesto de que su peso relativo se mantiene en los valores observados históricamente. También se genera endógenamente el gasto en complementos de mínimos. Para los gastos, el modelo genera endógenamente los gastos en pensiones de jubilación y viudedad, recupera el gasto en “Otras pensiones” aplicando sus tasas históricas de incidencia por edad y género y, finalmente, obtiene los “Otros gastos” manteniendo constante su proporcionalidad con los gastos de pensiones.

---

<sup>51</sup>El IRP utiliza versiones suavizadas de estos indicadores, pero es más interesante utilizar las cifras originales para evaluar la calidad de la calibración.

#### 4.5.4. Indicador de Salud Financiera del sistema

Es habitual evaluar el tamaño del gasto en pensiones por su relación con el producto total de una economía, es decir, el PIB. Alternativamente, se pueden usar como métrica de referencia los ingresos que el sistema genera para cubrir gasto de pensiones. Esta segunda aproximación es la que utiliza el Índice de Salud Financiera del sistema de pensiones, ISF. Esta es la métrica principal utilizada para evaluar las simulaciones de largo plazo en el informe de pensiones de FEDEA, De La Fuente et al. (2017), y en el documento complementario al presente trabajo, Sánchez-Martín (2017). La definición formal del ISF es como sigue:<sup>52</sup>

$$ISF = \log\left(\frac{INGPENS}{GPENS}\right) = \log\left(\frac{TMC \cdot TOC}{RPS \cdot COB \cdot DEP}\right) \quad (25)$$

donde TMC es el tipo medio de contribución, TOC es la tasa de ocupación, COB la tasa de cobertura y DEP la tasa de dependencia demográfica (conceptos definidos en la sección 4.5.1). RPS es el ratio de la pensión media por jubilado al salario medio por empleado, que a su vez combina tres factores:

$$RPS = \frac{GEN \cdot DUR}{WEV} \quad (26)$$

El indicador de generosidad  $GEN$  es el ratio de la pensión media a una pensión de referencia construida con parámetros estandarizados:  $GEN = PENS_{SM}/(\frac{ac}{40} \bar{W})$  donde  $ac$  son los años medios de cotización en el stock de jubilados y  $\bar{W}$  es la media de los últimos 40 años en el salario real por ocupado. En consecuencia,  $DUR = \frac{ac}{40}$  es la duración de la carrera de cotización media en relación al estándar de 40 años y  $WEV = W/\bar{W}$ , mide el comportamiento relativo del salario corriente frente a la base reguladora estándar. La construcción de la serie  $\bar{W}$  requiere de hasta 30 retardos en el valor salarial en el año de inicio de la simulación. Estas condiciones iniciales se toman de la serie histórica de remuneración de asalariados de Contabilidad Nacional.<sup>53</sup>

El Gráfico 45 muestra el comportamiento del ISF durante el intervalo 2003 a 2014. Observamos dos fases claramente diferenciadas. Hasta la llegada de la Gran Recesión de 2008, el índice permanece estable o ligeramente creciente. A partir de 2008, en cambio, inicia una caída continua que se ha mantenido hasta nuestros días. Sólo al final del período se observan los primeros signos de estar alcanzando un posible “suelo” en la caída. El resultado es un deterioro del balance financiero del sistema de pensiones que pasa de un superávit inicial de ingresos sobre gastos de entorno a un 20% a un déficit superior al 10%. Los Gráficos 46 y 47 utilizan los componentes de la definición del ISF y del ratio pensión-salario para localizar los factores determinantes de ese deterioro. La Tabla 8 proporciona una visión cuantitativa de la importancia relativa de los distintos factores.

<sup>52</sup>La sección 4.1 de De La Fuente et al. (2017) revisa detalladamente la definición de las distintas variables del ISF y su evolución histórica desde 1985.

<sup>53</sup>Recuperamos los valores históricos relativos al ingreso en 2001, que es el primero generado endógenamente en el modelo. De este modo garantizamos un enlace suave con los datos del modelo.

	$\Delta$ lisf	$\Delta$ tmc	$\Delta$ toc	$-\Delta$ cob	$-\Delta$ dep	$-\Delta$ rps	$-\Delta$ gen	$-\Delta$ dur	$\Delta$ wev
2003/2015	-2.66	0.98	-0.07	-0.54	-1.08	-1.41	-0.47	-0.48	-0.46

Cuadro 8: Media de las tasas de cambio anuales brutas en % ( $100 \text{ Log}(X_{t+1}/X_t)$ ) de los componentes del ISF en el intervalo 2003/2015.

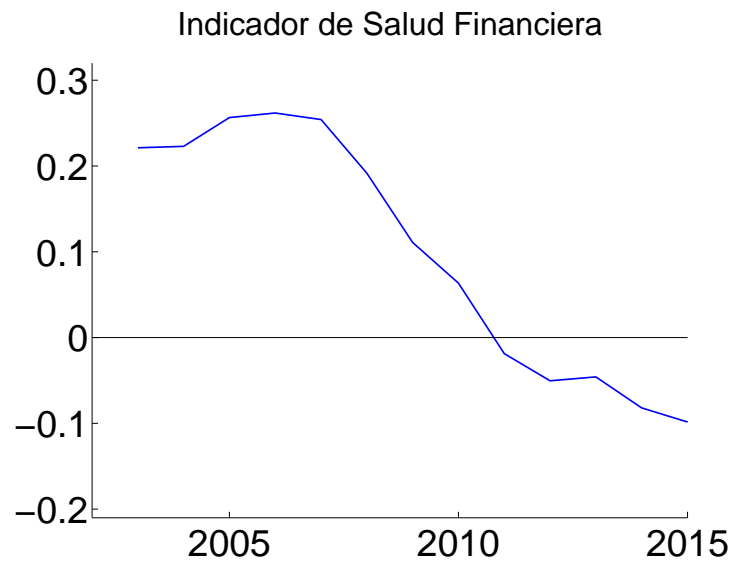


Figura 45: Indicador de Salud Financiera (ISF) en el intervalo de calibración.

De acuerdo con el comportamiento del modelo, el estado financiero del sistema ha empeorado (en media para el período) a una tasa algo superior al 2.6 % anual. A este resultado han contribuido principalmente el aumento del ratio pensión/salario y el envejecimiento reflejado por la subida de la *tasa de dependencia demográfica*. En el lado positivo, se ha producido una cierta mejora en los ingresos por trabajador generados por el sistema. Estos resultados coinciden en gran medida con el análisis empírico que se realiza en la sección 5.2 de De La Fuente et al. (2017) (y al que remitimos al lector deseoso de un estudio más profundo sobre la evolución del sistema desde mediados de los ochenta). Los datos indican claramente que la ralentización en el crecimiento relativo de salarios frente a pensiones fue el factor cuantitativamente más importante para explicar el deterioro en el equilibrio financiero del sistema en estos años. Es importante que un modelo tan estilizado como el nuestro sea capaz de replicar este hecho fundamental.

El modelo tiene menos éxito a la hora de descomponer los determinantes del cambio en el ratio pensión/salario. En nuestra simulación los tres componentes contribuyen a una subida del mismo, siendo el aumento en la duración el factor ligeramente predominante. Por contra, los datos sugieren que la caída en el ratio del salario al salario medio sería cuantitativamente más importante que los otros factores y que la generosidad habría disminuido. El modelo debe, por tanto, mejorar su representación de los procesos de formación de ingresos salariales en futuras actualizaciones.

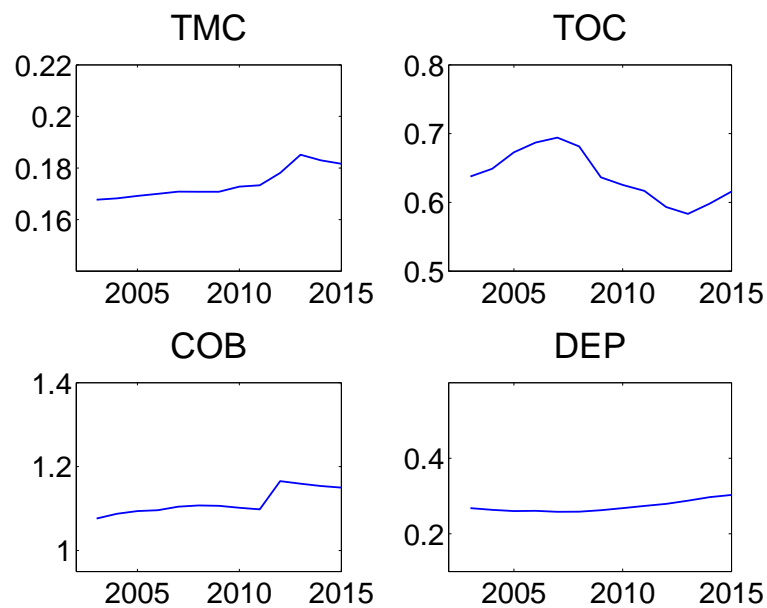


Figura 46: Componentes del ISF en el intervalo de calibración, conforme a la expresión (25).

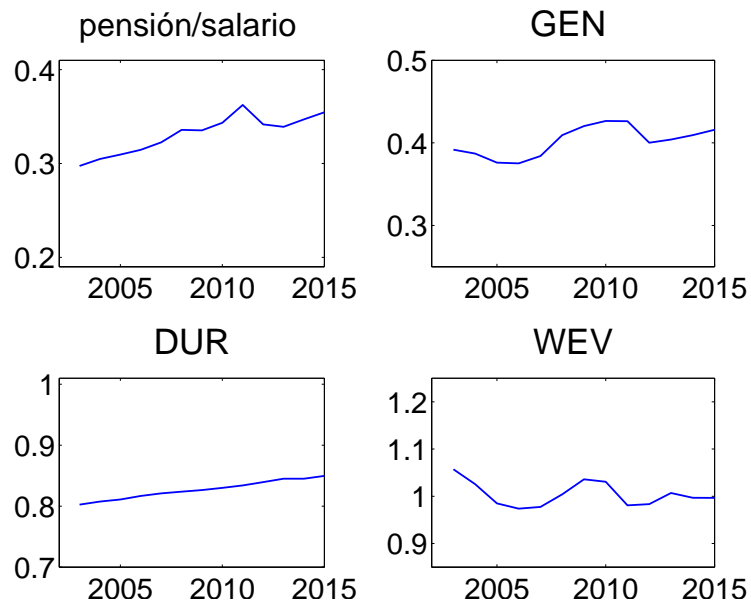


Figura 47: Componentes del ratio pensión media/salario medio, RPS, en el intervalo de calibración, conforme a la expresión (26).

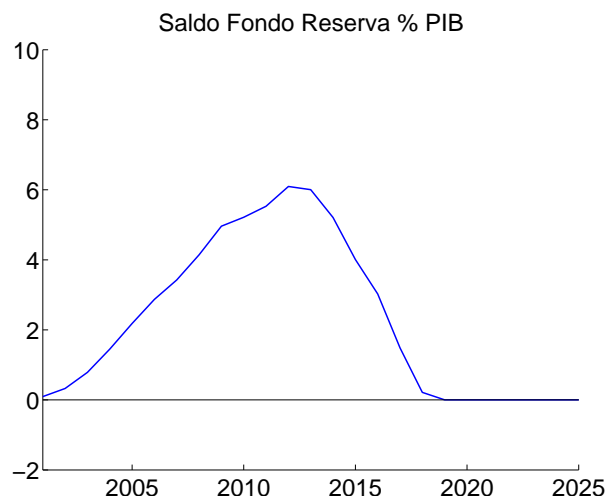


Figura 48: Valor del stock de activos financieros del Fondo de Reserva como % del PIB.

#### 4.5.5. Fondo de reserva

La calibración de los distintos componentes del sistema de pensiones en el modelo se completa con el Fondo de Reserva. En esta versión del modelo hemos reproducido la evolución histórica del Fondo desde su origen en 2001 hasta 2015.<sup>54</sup> Reproducimos tanto la cuantía de los Flujos aportados y retirados al sistema (en proporción al PIB), cómo la evolución dinámica del stock acumulado de activos,  $F^t$ , también en proporción al PIB.<sup>55</sup> En la proyección a partir de 2016 se genera endógenamente el ratio del stock al PIB  $F^t/Y^t$  utilizando una norma exógena de dotación del fondo y un tipo de retorno similar al tipo pagado por la deuda pública. El resultado, para los próximos años, así como su trayectoria histórica, se representan en el Gráfico 48. El futuro inmediato del fondo es muy breve, ya que se extingue efectivamente en 2017. Sin embargo, vuelve a tener relevancia al final de la simulación, cuando el sistema de pensiones recupera un saldo positivo de ingresos y gastos. Para esa situación hemos supuesto que (i) la totalidad del superávit se aplica a dotar el Fondo, mientras que (ii) en situaciones de descarga, se utilizan los fondos necesarios para pagar el equivalente a las dos pagas extras cada año.<sup>56</sup>

<sup>54</sup>Utilizamos la información sobre el Fondo remitida anualmente por la Seguridad Social al Congreso de los diputados.

<sup>55</sup>En futuras versiones podríamos mejorar algo la modelización en términos de la composición de los activos y sus retornos.

<sup>56</sup>Para simplificar la convergencia a un estado estacionario final, en el muy largo plazo suponemos que el Fondo deja de dotarse hasta que sus recursos son consumidos financiando otros gastos públicos. Este supuesto no afecta al comportamiento de la economía en el intervalo 2015/2070.

GTO/Y	PEN/Y	CP/Y	Salud	Educ.	Depen.	Desempleo	Otro GS	SG,DyO
40.45	11.62	28.83	5.99	4.46	1.06	2.03	2.30	13.00

Cuadro 9: Descomposición del Gasto Público (GTO/Y) en transferencias de pensiones (PEN/Y) y consumo público (CP/Y) con sus distintos componentes en el año 2015.

#### 4.6. Modelización del resto del sector público

Los otros componentes del presupuesto público se han modelizado de un modo bastante estilizado. Por el lado del gasto, el Consumo Público es un “cajón de sastre” que agrupa una gran variedad de componentes<sup>57</sup>. Los valores históricos (hasta 2010) se toman de la base de datos BDMacro del Ministerio de Economía (referida en Díaz and García (2011)). Para la proyección a partir de 2010 se utiliza:

- (i) las sendas temporales del gasto en sanidad, dependencia y educación (como porcentaje del PIB), que adoptamos de las últimas previsiones del AWG-2015.<sup>58</sup>
- (ii) Transferencias asociadas a desempleo (también tomadas del AWG) y a otras pensiones contributivas (que hemos revisado en la sección 4.4.1).
- (iii) Resto de gastos sociales y gastos en la provisión de otros servicios públicos, subvenciones y gastos de funcionamiento del sistema. Calibramos este componente con la información de gasto en 2014 en la Actualización del Plan de Estabilidad (Gobierno de España 2015). Suponemos que este valor permanece constante durante la simulación.

La tabla 9 refleja el valor de estos componentes en el año 2015. Todos sus integrantes son exógenos con la excepción del peso del gasto en pensiones sobre PIB.

Un componente que opera tanto por el lado de los ingresos como del gasto es la Deuda Pública y sus pagos asociados de intereses. La dinámica del nivel de deuda responde a la ecuación presupuestaria pública:

$$B_{t+1} = (1 + r_t)B_t + GTO_t - INC_t$$

donde  $INC$  representa los ingresos agregados y  $GTO$  agrupa todos los componentes de gasto. En este trabajo incorporamos una serie  $B/Y$  del stock de deuda sobre el PIB exógena (representada en el panel derecho del Gráfico 49). Suponemos un pico en la deuda algo superior al 100% y una amortización suave de la misma, de modo que en 2050 el stock de deuda aún representa algo más del 70% del PIB. Respecto del pago de intereses, calibramos los tipos implícitos de tal modo que aproximemos el peso de este gasto en el PIB en 2014 (3.4% del PIB).

Finalmente, completamos la restricción presupuestaria pública calculando la recaudación fiscal asociada a todos los gastos e ingresos anteriores.<sup>59</sup> Para ello reescribimos la restricción

<sup>57</sup>Incluye, junto a componentes genuinos de demanda final de bienes y servicios, algunas transferencias públicas no modelizadas explícitamente. De éste modo hacemos el supuesto de que éstas son consumidas durante el año de percepción. Este es un supuesto extremo, pero entendemos que el error no es grande, ya que una parte sustancial de las mismas son transferencias sociales, y la propensión a ahorrar entre los perceptores de las mismas debe ser baja.

<sup>58</sup>La versión 2015 contempla un gasto en dependencia mucho mayor que el proyectado en ediciones anteriores, junto con gastos algo menores en sanidad y educación.

<sup>59</sup>El sistema fiscal es muy rudimentario, al incluir sólo un impuesto lineal sobre las rentas y un impuesto de sucesiones con tipo del 100% (que elimina el complicado problema técnico de modelizar las transferencias de riqueza

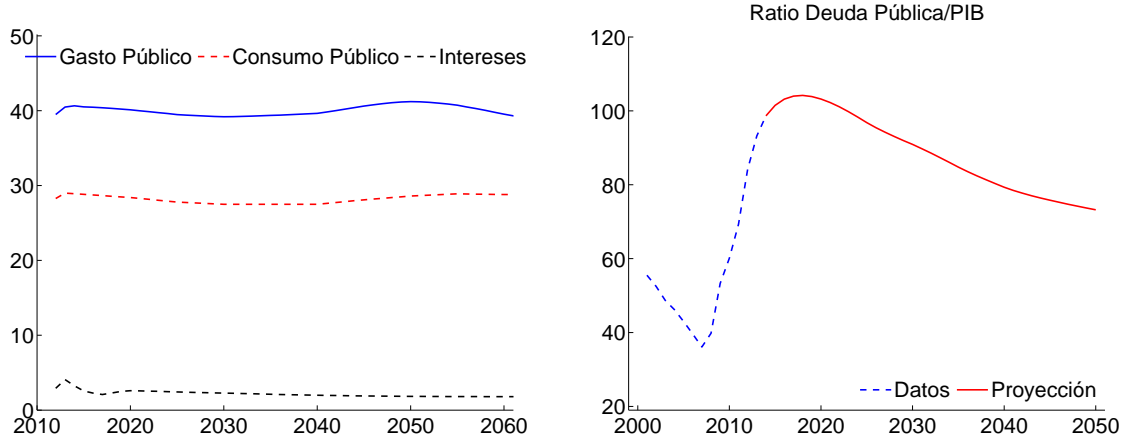


Figura 49: Senda de simulación del gasto público y del consumo público (izquierda) y senda simulada de la deuda pública como % del PIB (derecha).

del siguiente modo:

$$\left(\frac{INC}{Y}\right)_t = \left(\frac{GTO}{Y}\right)_t + r \left(\frac{B}{Y}\right)_t - \left[ (1 + g_t) \left(\frac{B}{Y}\right)_{t+1} - \left(\frac{B}{Y}\right)_t \right] \quad (27)$$

donde  $\frac{INC}{Y}$  representa la presión fiscal total en porcentaje del PIB,  $\frac{GTO}{Y}$  el gasto público total,  $\frac{B}{Y}$  el peso del stock de deuda sobre PIB,  $g_t$  es la tasa de crecimiento real del PIB y  $r$  es el tipo de interés de la deuda. Dado que todos los factores en el lado derecho de la ecuación son exógenos, puede utilizarse para determinar los ingresos totales que el sector público necesita para mantener su equilibrio presupuestario cada período.

La Tabla 10 aplica la ecuación (27) a nuestro modelo y compara con los valores de 2015 de acuerdo con el Plan de Estabilidad 2015/2018. Observamos que el gasto está bien calibrado, aunque el gasto en intereses de la deuda es algo menor. La principal diferencia se presenta en el componente de dinámica de la deuda. En la previsión del Plan de Estabilidad el crecimiento del PIB ( $g$ ) es superior al generado por el modelo, lo que permite una presión fiscal menor que la generada endógenamente en el modelo. Esta diferencia es esencialmente cíclica (la recuperación de la economía tras la doble recesión de 2008/2013), de modo que su influencia durante la senda de simulación debe reducirse<sup>60</sup>.

La presión fiscal total necesaria para equilibrar el presupuesto es algo menor del 40.4 % del PIB. La tabla 11 muestra la forma en que el modelo genera esta recaudación. En 2015 se recaudaba un 12.2 % del PIB en cotizaciones sociales, la mayor parte de las cuáles (COT-SS/Y) son recibidas por la Seguridad Social. El resto, COT-otras/Y, corresponden básicamente a la cotización de desempleo recaudada por el SEPE (Servicio Estatal de Empleo). La enajenación de activos del Fondo de Reserva de la Seguridad Social (DF/Y) ha sido una segunda fuente de financiación durante estos primeros años de simulación. En 2015 la descarga del

---

entre generaciones). Un mejor reflejo de las instituciones haría más realista al modelo y permitiría modelizar mejor las distorsiones sobre la oferta de trabajo. No es fácil cuantificar la importancia de estas omisiones en términos del objetivo del presente trabajo.

<sup>60</sup>Como todos los modelos neoclásicos, el modelo refleja las tendencias subyacentes en la economía y no está preparado para reflejar ajustes cíclicos (más allá de lo que se impone exógenamente a través de, por ejemplo, los cambios en las tasas de empleo). Esto no es un problema a medio plazo, en la medida que la economía revierte a su senda de crecimiento potencial.

	INC/Y	GTO/Y	INT/Y	$\Delta$ Debt/Y
Modelo	40.37	40.42	2.56	-2.60
Plan de Estabilidad	38.2	40.2	3.1	-5.1

Cuadro 10: Determinantes de la carga fiscal total en el modelo y contrapartidas empíricas en 2015 (de acuerdo con el Plan de Estabilidad 2015-2018). Notación conforme a la ecuación (27).

Año	INC/Y	TAXES/Y	COT-SS/Y	COT-otras/Y	FFR/Y	DF/Y
2015	40.37	26.5	9.50	2.90	1.46	1.22

Cuadro 11: Estructura de la recaudación fiscal para el año 2015 en el modelo (como % del PIB). INC/Y= Ingresos totales , TAXES/Y= recaudación impositiva, COT-SS/Y= Cotizaciones del sistema de Seguridad Social, COT-otras/Y= Otras Cotizaciones Sociales, FFR/Y= Flujos del Fondo de Reserva y DF/Y= Descarga del Fondo de Reserva.

Fondo equivale a un 1.2% del PIB y genera (añadiendo intereses producidos durante el año) ingresos equivalentes al 1.46% del PIB. El resto de ingresos (algo menos del 27% del PIB) deben recaudarse como impuestos. Como discutimos en la sección 3.4 y en el pie de página 59, el modelo es muy simplificado en términos de las herramientas fiscales utilizadas para generar esta recaudación.

Finalmente, es sencillo reescribir el lado del gasto de la ecuación de equilibrio presupuestario (27) como la combinación de consumo público, dinámica de deuda y una transferencia del Sistema de Seguridad Social (tal y como hicimos en la ecuación (19) de la sección 3.4). Para ello hay que combinar las descomposiciones de gastos e ingresos de las tablas 10 y 11. El saldo del sistema de pensiones en esta ecuación se obtiene restando las pensiones  $PEN/Y$  de los ingresos por cotizaciones  $COT/Y$ <sup>61</sup>, mientras que la dotación del fondo de reserva  $DFR^t$  equivale a  $-DF$  en la tabla 11.<sup>62</sup> Consolidando los ingresos de impuestos endógenos del modelo  $TAXES = NFA + BI$  vemos que la ecuación (27) se reescribiría:

$$TAXES/Y = CP/Y - TSS/Y + INT/Y + \Delta B/Y$$

Con este convenio, hay una mínima transferencia de la Seguridad Social en 2015 ya que la descarga del Fondo de Reserva excede muy ligeramente al déficit del sistema de pensiones en ese año.

<sup>61</sup>Es un saldo puramente económico y no encaja exactamente con los saldos institucionales presentados en la sección 4.5.2.

<sup>62</sup>Típicamente estamos más interesados en el Saldo del Sistema de la Seguridad Social, que excluiría los pagos de pensiones del régimen de clases Pasivas (gestionados por la Administración Central) y los ingresos por “Otras” Cotizaciones).



## 4.7. Modelización de los agregados macroeconómicos

Los objetivos de calibración macro de nuestra simulación son bastante atípicos en el contexto de los modelos académicos de equilibrio. Las dos series macroeconómicas a las que vamos a prestar la mayor atención son las series de remuneración salarial por empleado y la serie de la tasa de crecimiento del PIB (futuro). Ambas son de gran importancia para el comportamiento del sistema de pensiones simulado. Las secciones 4.7.1 y 4.7.2 discuten los detalles de esta elección, mientras que la sección 4.7.3 cierra con un repaso de otros objetivos de calibración macro. Antes de entrar en los detalles, recordamos que la tecnología productiva de la economía es de tipo Cobb-Douglas:

$$Y = K^\zeta L^{1-\zeta} = K^\zeta (AH)^{1-\zeta} \quad (28)$$

con rendimientos constantes de escala y sin costes de ajuste por cambio en la cantidad de factores productivos utilizados (recordar definiciones en (20)). Se permite que la participación del capital en la renta nacional,  $\zeta$ , varíe en el tiempo.

### 4.7.1. Dinámica salarial

En la sección 4.5.4 se mostró que el determinante cuantitativamente más importante de la variación del Índice de Salud Financiera es la evolución del ratio de la pensión media al salario medio (Cuadro 8). Este ratio depende de tres factores (GEN, DUR y WEV), pero el comportamiento relativo del salario frente a una media móvil de salarios antiguos ha sido el factor más determinante en los últimos años observados. Por esta razón, hemos elegido a la dinámica salarial como un objetivo explícito de calibración. En el modelo, los ingresos salariales de un agente dependen de su dotación de unidades de trabajo eficientes (*ute*, discutidos en la sección 4.2.2) y del salario por *ute*. Ambos elementos presentan dificultades a la hora de implementar el proceso de calibración:

- El primer aspecto depende del cambio en el índice de productividad  $A_t$  y de la composición educativa (ya que la dotación relativa por edades y nivel educativo se tratan como invariantes en la simulación).
- El salario por *ute* depende (bajo nuestra modelización competitiva de los mercados de factores y con rendimientos constantes de escala en la producción) de: (i) el peso de la remuneración del trabajo en la renta nacional,  $1 - \zeta_t$ ; y (ii) el ratio capital trabajo  $\hat{k}_t$  (que determina el producto por unidad de trabajo):  $w_t = (1 - \zeta_t) \hat{k}_t^{\zeta_t}$ .

Se trata, por tanto, de un objetivo difícil de manejar, ya que el número de procesos del modelo que intervienen en su generación es alto y su impacto en otras dimensiones del desempeño de la economía simulada es elevada. Nuestra estrategia de calibración en 2001/2014 ha consistido en seleccionar la serie temporal de shocks exógenos de productividad,  $\rho_t$ , y del peso de la remuneración del capital en el PIB,  $\zeta_t$ , de modo que reproduzcamos del mejor modo posible la serie de remuneración agregada del trabajo. Combinado con nuestra estrategia para el ratio capital/trabajo,  $\hat{k}_t$ , (discutida a continuación en la sección 4.7.2) y con el proceso exógeno de la dotación de trabajo eficiente de los agentes (antes indicado), vamos a conseguir una buena aproximación a la dinámica salarial en los datos. En concreto, procedemos del siguiente modo:

1. El peso de las rentas del capital se introduce directamente como el coeficiente  $\zeta$  en la función de producción de la economía (ecuación (28) y panel izquierdo del Gráfico 51). Los datos se construye a partir de las series enlazadas de producción y remuneración de asalariados en De la Fuente (2015).

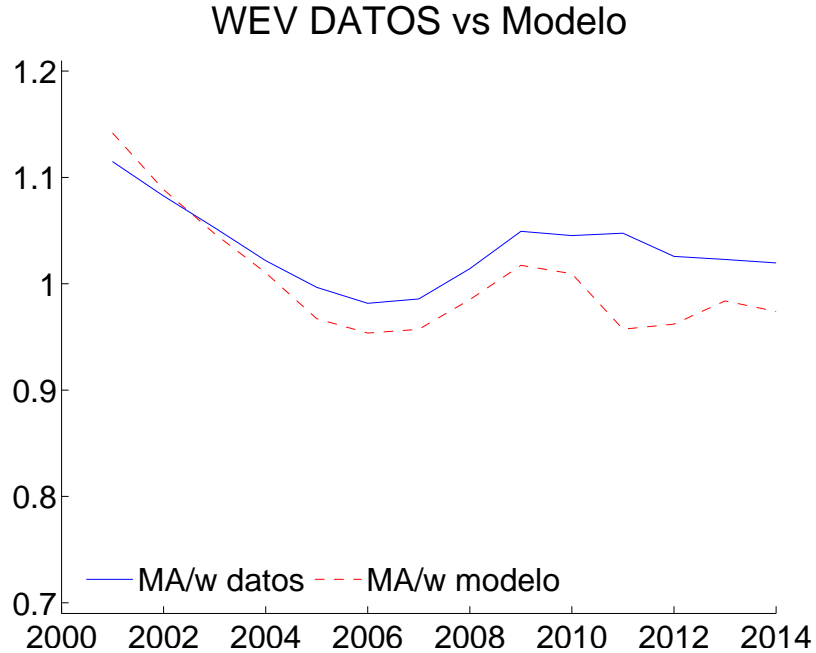


Figura 50: Ratio del salario por empleado corriente a una media móvil (MA) de los 30 años precedentes (WEB) en los datos y en el modelo

2. Shocks de productividad: se obtienen como la tasa de crecimiento del índice de productividad calibrado,  $\hat{A}_t$ . Este se construye a partir de la definición de la remuneración agregada del trabajo:  $REM_t = A_t w_t H_t$  (donde  $H_t$  es la cantidad de trabajo de la economía (en unidades de trabajo eficiente deflactadas) y  $w_t$  es el salario por unidad de trabajo eficiente. En nuestro cálculo recuperamos  $A_t$  combinando la serie observable del  $REM_t$  con las series de  $w_t$  y  $H_t$  generadas endógenamente en el modelo.<sup>63</sup>

La serie del índice de productividad generada con este procedimiento se muestra en el panel derecho del Gráfico 51. La serie es más suave que su contrapartida empírica. El ajuste conseguido sobre los datos de REM de la economía se muestra en el panel izquierdo del Gráfico 52. Es bueno, salvo en el intervalo 2011 a 2013 en que el modelo sobrevalora el impacto recesivo de la crisis de deuda/segunda recesión de 2012.<sup>64</sup>

#### 4.7.2. Capitalización

La tasa de crecimiento del PIB es un determinante fundamental de la salud financiera del sistema de pensiones. En nuestra simulación, tomamos como referencia la hipótesis agregada del AWG, que postula un crecimiento medio entorno al 1.4%, con oscilaciones suaves en el tiempo. Este crecimiento es factible si las dinámicas de los factores productivos capital y trabajo son suficientemente favorables. En particular, es necesario que se produzca un proceso de capitalización de la economía suficientemente intenso. En nuestro modelo, el proceso de capitalización depende fundamentalmente de dos factores: el grado de impaciencia

<sup>63</sup>La serie REM se toma de De la Fuente (2015). Para que el procedimiento funciones es preciso que  $w$  y  $A$  se formen simultáneamente. Típicamente esto se consigue con 2-3 iteraciones.

<sup>64</sup>La reducida remuneración del trabajo en 2011/2013 realmente responde a una predicción demasiado baja del PIB de esos años (panel derecho del Gráfico 52). Este aspecto debe ser mejorado en versiones futuras del modelo.

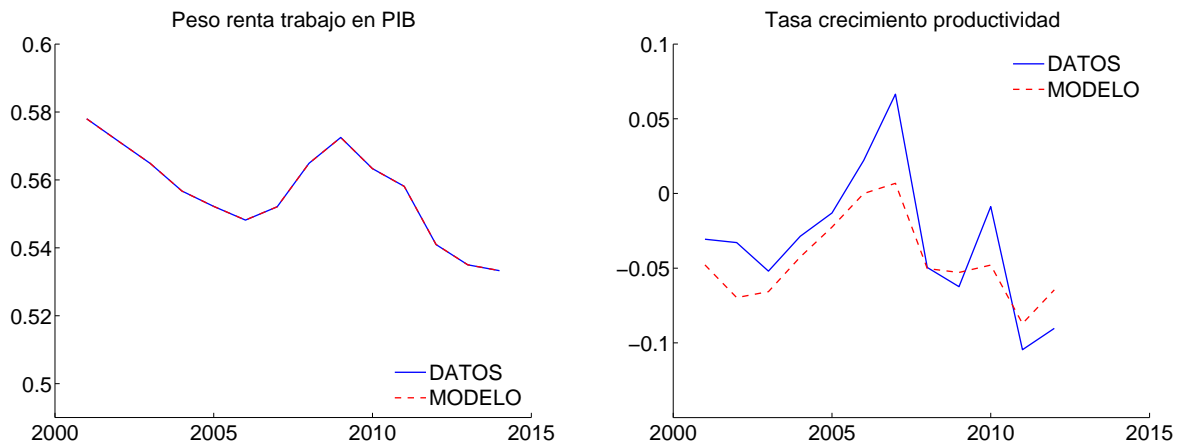


Figura 51: Peso de la renta del trabajo en la renta nacional (izquierda) y tasa de crecimiento del Índice de productividad del trabajo (derecha) en la simulación y en los datos.

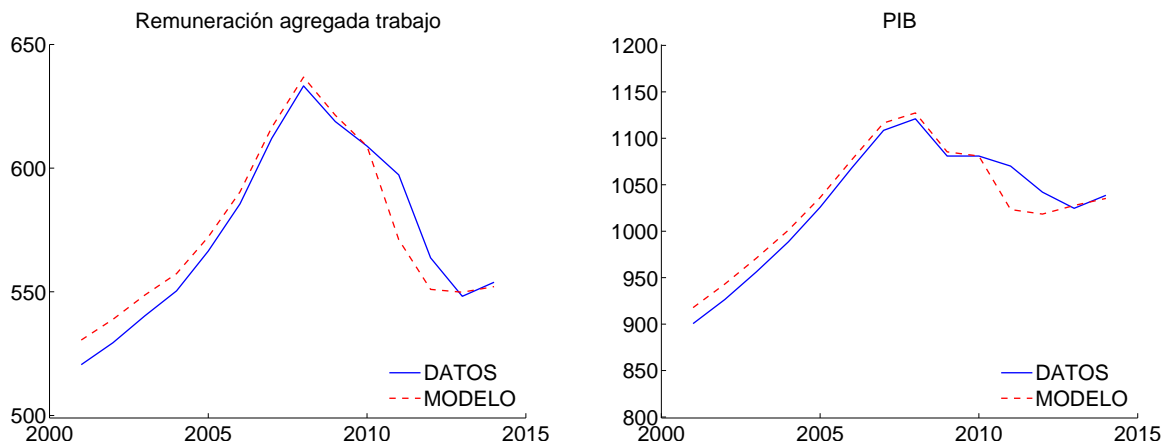


Figura 52: Remuneración agregada del trabajo y PIB en la simulación y en los datos.

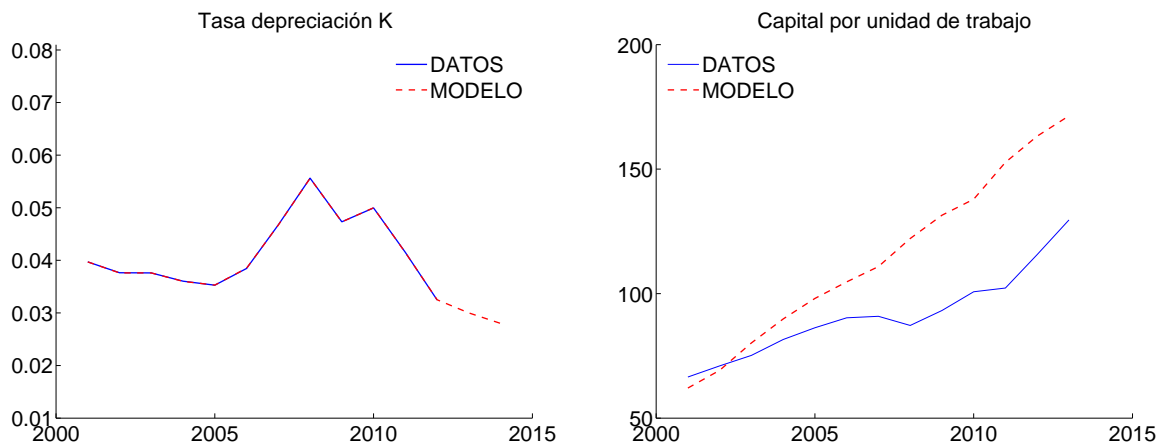


Figura 53: Tasa de depreciación del stock de capital y dotación del capital por unidad de trabajo eficiente en la simulación y en los datos

de los agentes del modelo,  $\beta$ , y la tasa de depreciación del stock de capital,  $\delta$ .<sup>65</sup> También es importante la condición inicial sobre la dotación de activos que poseen los agentes del modelo. Estos factores son calibrados como sigue:

- La tasa de depreciación  $\delta_t$  observada en los datos puede introducirse directamente en el modelo. El panel izquierdo del Gráfico 53 muestra el comportamiento de esta serie durante el intervalo de calibración.
- La dotación de capital per capita en el modelo,  $\pi_a$ , que, en última instancia controla el stock de capital y sus ratios con el PIB (K/Y), y con el trabajo agregado (K/L), se calibra indirectamente seleccionando el valor de  $\beta$ . El panel derecho del Gráfico 53 muestra el resultado obtenido al utilizar un factor de descuento del 3.5 % anual.
- La dotación de capital inicial de los agentes por edad,  $\{a_i\}, i = \{20, \dots, 100\}$ , combina el stock de activos acumulados *relativo* entre distintos tipos de agentes (tomado de la Encuesta Financiera de las Familias del Banco de España para 2002) con una medición del K agregado inicial construida a partir de las estimaciones del IVI/Fundación BBVA.

El éxito del proceso de calibración en esta segunda dimensión es reducido. El modelo tiene claras dificultades para captar los cambios de tendencia que se observan en los datos (y que convencionalmente se interpretan como el crecimiento y eventual pinchazo de la “burbuja inmobiliaria”, seguido del ajuste posterior tras las doble recesión del 2008/2012). En concreto, el modelo no capta desaceleración en la capitalización per capita que supuso la burbuja. El modelo resulta, en conjunto, demasiado estilizado para reproducir una realidad macro extremadamente volátil durante el intervalo de calibración. La reproducción de las tendencias a largo plazo es, quizás, mejor. De hecho, la tasa de crecimiento del PIB del modelo en el intervalo 2014/2060 es muy similar al crecimiento potencial proyectado por el AWG para ese intervalo (1.4 % en media).

<sup>65</sup>En el modelo implementado, el ahorro interno es clave para la formación del stock de capital agregado de la economía. Aunque este supuesto es extremo, no resulta demasiado irreal en el contexto económico internacional actual, caracterizado por una clara parada del proceso de globalización y la emergencia de tensiones proteccionistas y nacionalismo económico.

### 4.7.3. Otras variables macro

La calibración macroeconómica se completa con la especificación de preferencias de los agentes de la economía y de los procesos exógenos de la productividad y la inflación en la senda de simulación. Respecto de las preferencias, se programa una función de utilidad para los agentes representativos separable tanto en el tiempo como en sus argumentos (consumo y ocio). El componente del consumo es de tipo logarítmico, para garantizar la estabilidad de la decisión de jubilación en el largo plazo (en presencia de crecimiento técnico exógeno).

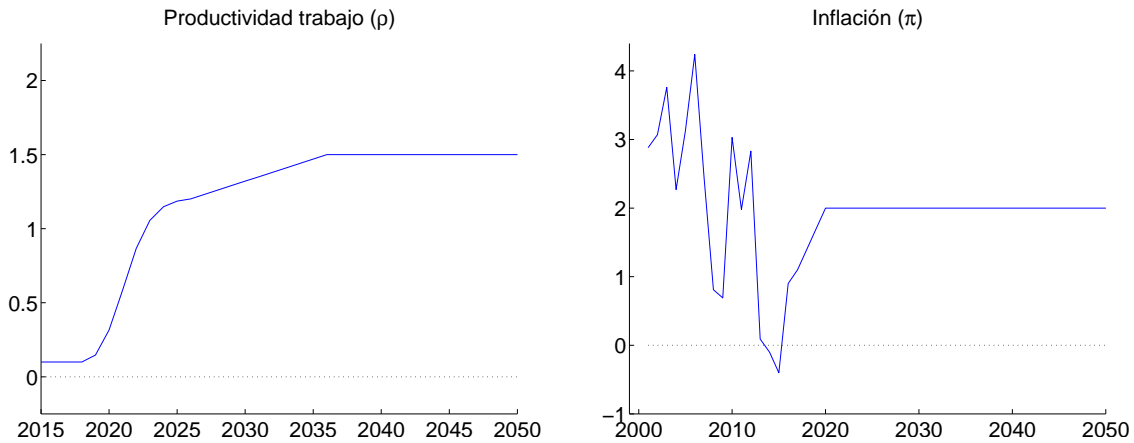


Figura 54: Tasa de inflación y tasa de crecimiento exógeno de la productividad en la senda de simulación.

La capacidad de las cohortes futuras para financiar las pensiones de las cohortes de jubilados depende crucialmente del crecimiento de la productividad del trabajo en la senda simulada,  $\rho_t$ . El comportamiento de esta variable hasta 2014 se condiciona a buscar un buen ajuste de la dinámica salarial (como hemos visto en la sección previa). En el resto de la senda de simulación adoptamos primero el escenario del Plan de Estabilidad para el intervalo 2014 a 2018, continuando con un ajuste lineal al valor de crecimiento de largo plazo del AWG (1.5%, que suponemos se alcanza en 2040). El panel izquierdo del Gráfico 54 muestra la senda temporal resultante. En el documento que discute la proyección futura del sistema (Sánchez-Martín (2017)) se exploran diversas alternativas para esta variable (tanto crecimiento nulo de la productividad como una hipótesis más positiva que la del AWG sobre la misma).

La adopción de cotas nominales en el crecimiento del índice de revalorización (presentado en la sección 3.3.4) convierte a la tasa de inflación realizada ( $\pi$ ) en un determinante clave del comportamiento financiero del sistema de pensiones. Debido a este mecanismo, la inflación pasa a tener efectos reales en el modelo.<sup>66</sup> Por esta razón, al proyectar el estado financiero futuro de la economía exploramos también escenarios alternativos de inflación (ver sección 5.4 en Sánchez-Martín (2017)). El escenario base de simulación, incluyendo la inflación histórica en el intervalo 2001 a 2014, se muestra en el panel derecho del Gráfico 54. Suponemos que la inflación se recupera desde las cifras negativas actuales hasta alcanzar el 2% en 2020 conforme a las hipótesis del Plan de Estabilidad. Es un escenario que contempla un repunte de inflación bastante rápido, razón por la que es importante testar la robustez de los resultados de simulación en otro tipo de entornos (especialmente en un entorno duradero de inflación

<sup>66</sup>Salvo por este aspecto, el modelo es enteramente “neoclásico” con precios perfectamente flexibles y agentes racionales carentes de ilusión monetaria.

muy reducida o nula conforme con la hipótesis de “secular stagnation” o del llamado “new normal” macroeconómico (ver, por ejemplo, Summers (2014) o Bean et al. (2015)).

## 5. Revisión crítica y propuestas de mejora

El modelo construido, calibrado y simulado en el presente proyecto se encuentra en la frontera de la literatura de modelos OLG dinámicos aplicados. En particular, el esfuerzo de calibración del modelo ha ido bastante más allá de lo que se considera el estándar académico para el tratamiento de este tipo de modelos. Lo que se espera de la solución, en cualquier caso, también sobrepasa el grado de exigencia habitual en la publicación económica, ya que el objetivo último del trabajo sería ofrecer proyecciones cuantitativas sobre los niveles de las series temporales de pensiones de una economía nacional como la española.

La realidad es que tanto el modelo concreto desarrollado en este trabajo como la clase genérica de modelos OLG de la que el mismo es una realización particular tienen aún un largo camino de mejora por delante. De hecho, a lo largo de la exposición del modelo y de su calibración hemos ido destacando diversas áreas susceptibles de desarrollo posterior en versiones futuras del modelo (respetando en todos los casos la estructura básica del mismo). En esta sección agrupamos éstas anotaciones dispersas por el texto y las clasificamos en términos de su posible plazo de ejecución en dos grupos: líneas de mejora más o menos inmediatas (“cambios para una versión mejorada a corto plazo”) versus aspectos más fundamentales que deberían ser objetivos a medio plazo para aquellos interesados en explorar este tipo de modelos (“cambios para una versión mejorada a medio plazo”).

### 5.1. Cambios para una versión mejorada a corto plazo

Presentamos dos conjuntos de propuestas de mejora aplicables, respectivamente, a las áreas de modelización y de calibración del modelo actual. Utilizamos un formato próximo a la enumeración al objeto de que sea más sencillo identificar y referir cada una de las propuestas, aunque es inevitable que la mayor parte de las líneas de mejora incluyan más de un aspecto concreto a modificar. Comenzamos con los aspectos relativos a la mejora de los detalles de modelización de la economía:

- Sector Público: pensiones
  1. Pensiones de la Seguridad Social:
    - Incorporar el “bonus” en la pensión para madres con más de dos hijos.
    - Desarrollar y evaluar el modelo reducido de la tasa de cobertura del sistema (idealmente aspiraríamos a construir un pequeño modelo de micro-simulación para esta tarea)
    - Desarrollar modelos reducidos del gasto en “Otras pensiones contributivas”, “Otros Gastos” y “Otros ingresos”.
    - Mejorar la modelización de los ingresos por cotizaciones del INEM y su relación con la tasa de paro de la economía
  2. Pensiones del Régimen de Clases Pasivas:
    - Cuantificar explícitamente el efecto de la progresiva eliminación del RCP en los ingresos y gastos del RGSS.
- Sector Público: sistema fiscal
  3. Introducir progresividad en el impuesto sobre la renta.
- Mercado de trabajo:

4. Duración del historial laboral: Desarrollar y evaluar el modelo reducido de la duración del historial laboral.
  5. Desempleados: mejorar la reproducción de los detalles de la normativa de cotización de los desempleados y su reflejo en las bases reguladoras de los RA.
- Agentes decisores del modelo
    6. Evaluar la necesidad de más heterogeneidad observable en el modelo. Explorar si (i) una mayor diversidad demográfica en la composición de los RA y, (ii), en los patrones de jubilación de los cónyuges contribuiría a una mejor reproducción de la dispersión de los agregados de pensiones.
    7. Hacer análisis de bienestar de agentes de interés.
  - Macroeconomía:
    8. Explorar un escenario “new normal” de bajo crecimiento, tipos de interés e inflación.
  - Demografía:
    9. Ir más allá de los saldos netos en la modelización y estudiar la inclusión de características diferenciales de los migrantes.

En términos de la calibración del modelo, la lista de tareas urgentes también es importante:

1. Analizar las opciones de homogeneización de las fuentes de información utilizadas respecto de (i) los datos históricos de mercado de trabajo (especialmente la posibilidad de basarse exclusivamente en los microdatos de la EPA y su enlace con las series de Contabilidad Nacional en De la Fuente (2015)), (ii) de las variables de ingresos laborales/salarios y (iii) de la distribución por educación.
2. Usar las últimas versiones de las bases de microdatos (actualmente se usa la ECV 2004/2011 y la MCVL2011).
3. Mejorar la evaluación del modelo: (i) testar la evolución del K y ahorros de los RA en relación a la EFF; (ii) Testar el grado de reproducción de la dispersión de los agregados de pensiones y de la desigualdad en renta y riqueza de los hogares.
4. Reflejar con más detalle la política histórica de dotación y descarga del Fondo de Reserva.

## 5.2. Cambios para una versión mejorada a medio plazo

Un programa de cambios más ambicioso podría introducir modificaciones en aspectos como los siguientes:

- Sector Público: pensiones
  1. Incorporar la compatibilidad de pensiones y renta laboral;
  2. Modelizar el RETA (especialmente para mejorar la reproducción de las diferencias entre ingresos laborales y bases contributivas).
  3. Estudiar la forma de modelizar la coexistencia de “regímenes” de edades legales tras la reforma de 2013 (en función del historial contributivo (*carrera laboral completa*) o del número de hijos para mujeres).
  4. Reflejar de algún modo la normativa de pensiones de Jubilación flexible.
- Sector Público: sistema fiscal
  5. Modelizar la imposición indirecta, de modo que el modelo pueda ser usado para explorar propuestas de cambio en la forma de financiación basadas en la misma.
- Mercado de trabajo
  6. Modelizar el cambio en el tiempo de la capacidad productiva asociada al nivel educativo (eg. caída en las TIR de la educación superior).
- Agentes decisores del modelo
  7. Desarrollo de la heterogeneidad subyacente a cada agente representativo. De modo similar a como ahora tenemos con edades de jubilación, el objetivo sería reproducir la dispersión en historiales laborales, niveles de bases contributivas, etc.
  8. Formación de decisiones de cartera (eg, bonos vs propiedad de la tecnología productiva) por los agentes del modelo.
- Macroeconomía
  9. Componentes de *economía abierta* del modelo:
    - (1) Mejorar la representación de la posición exterior y flujos de la economía (sector público y privado) frente al resto del mundo.
    - (2) Permitir la *inversión exterior directa* en el sector productivo privado del modelo.
  10. Mejorar el proceso de formación de los precios de los factores productivos: introducir costes de ajuste/rigidez.
- Demografía:
  11. Mejor imputación de los efectos de cohorte/serie temporal en el proceso de reducción secular de la mortalidad

Finalmente concluimos con una “lista de los deseos” para el futuro: aspectos relevantes para entender el problema de las pensiones, pero cuya dificultad supera lo que previsiblemente podrá hacerse de modo inmediato.<sup>67</sup> Sería de gran interés que...

1. El modelo incluyese “shocks” cíclicos, de forma que se simulasen series de escenarios estocásticos alternativos (frente al escenario base actual).

---

<sup>67</sup>La secciones 2.7 y 5 de Documento de Trabajo Sánchez-Martín (2014) también elaboran sobre aspectos a mejorar en el largo plazo para este tipo de experimentos.



2. La tecnología del modelo reflejase la obsolescencia derivada del cambio técnico disruptivo, del cambio en los patrones de ventajas comparativas con los competidores internacionales y de la capacidad de ajuste de la estructura productiva instalada.
3. Se pudiese medir el impacto en la solución de la incertidumbre existentes sobre los parámetros/procesos exógenos del modelo. El objetivo sería poder acompañar las sendas de simulación con sus respectivas bandas de confianza.
4. Un tema de gran interés en la evolución macroeconómica tras la recesión de 2008 es la interacción entre envejecimiento y desigualdad de renta/riqueza. El modelo podría ser una herramienta útil en este sentido, aunque, presumiblemente, necesita más heterogeneidad que la proporcionada por los agentes representativos.

## Referencias

- Auerbach, Alan, Jagadeesh Gokhale, and Laurence J. Kotlikoff (1991). *Tax Policy and the Economy*, Chapter Generational Accounts: A Meaningful Alternative to Deficit Accounting, pp. 55–110. MIT Press.
- Auerbach, A, L Kotlikoff, and W Leibfritz (1998). Generational accounting around the world. IMES Discussion Paper Series 98-E-2, IMES.
- Auerbach, A. J. and L. J. Kotlikoff (1987). *Dynamic Fiscal Policy*. Cambridge University Press.
- Auerbach, Alan J. and Ronald Lee (2011). Welfare and generational equity in sustainable unfunded pension systems. *Journal of Public Economics* (95), 16–27.
- Bean, C., C. Broda, T. Ito, and R Kroszner (2015). Low for long? causes and consequences of persistently low interest rates. Geneva reports on the world economy 17, CEPR.
- Boado-Penas, M.C. (2014). An assessment of the 2011 spanish pension reform using the swedish system as a benchmark. *Journal of pension economics and finance*, 13, 297–333.
- Boado-Penas, MC, O. Settergren, and C. Vidal-Meliá (2011). El balance actuarial del sistema de reparto. modelo “sueco” frente a modelo “ee.uu”: posible aplicación al caso español. *Revista española de financiación y contabilidad*, XL, 97–123.
- BOE (2011, 2 de Agosto). Ley 27/2011 de 1 de agosto sobre actualización, adecuación y modernización del sistema de la seguridad social (y corrección de errores en BOE núm. 240, de 5 de octubre). Num 184, pag 87495.
- BOE (2013, 26 de Diciembre). Ley 23/2013 de 23 de diciembre reguladora del factor de sostenibilidad y del índice de revalorización del sistema de pensiones de la seguridad social. Num 309, pag 105137.
- Bohn, Henning (2001). Social security and demographic uncertainty: The risk-sharing properties of alternative policies. In John Y. Campbell and Martin Feldstein (Eds.), *Risk Aspects of Investment-Based Social Security Reform*, pp. 203–241. Chicago: University of Chicago Press.
- Boldrin, Michele, Sergi Jiménez, and Franco Peracchi (2004). *Social Security programs and Retirement around the world*, Chapter Micro modeling of retirement behavior in Spain. NBER.
- Boldrin, Michele, S. Jiménez-Martín, and Franco Peracchi (2001). *Sistema de pensiones y mercado de trabajo en España*. Fundación BBV.
- Conde, JI and C González (2011). La “reforma silenciosa”: los efectos de los límites máximos y mínimos (de cotización y de pensiones) sobre la sostenibilidad del sistema. proyecto fipros, Secretaría de Estado de la Seguridad Social.
- De la Fuente, Ángel (2015). Series enlazadas de los principales agregados nacionales de la EPA 1964-2014. Estudio sobre la Economía Española 2015/07, FEDEA.
- De la Fuente, A. and Rafael Doménech (2012). The financial impact of spanish pension reform: A quick estimate. *Journal of Pension Economics and Finance*, 12, 111–137.
- De La Fuente, A., M.A. García, and A. R. Sánchez (2017, febrero). La salud financiera del sistema de pensiones. análisis retrospectivo, proyecciones y factores de riesgo.
- De-Nardi, M., S. Imrohoroglu, and T. Sargent (2001). Saving and pension reform in general equilibrium models. *Oxford Review of economic policy*, 17, 1–20.
- Díaz, Antonio and Emma García (2011). Notas metodológicas de la base de datos macroeconómicas de españa (bdmacro). Technical report, Ministerio de Economía y Hacienda.

- Díaz-Giménez, J and J Díaz-Saavedra (2009). Delaying retirement in Spain. *Review of Economic Dynamics* (12), 147–167.
- Díaz-Giménez, J and J Díaz-Saavedra (2016). The future of Spanish pensions. *Journal of Pension Economics and Finance*. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1474747216000093>.
- Doménech, R and A Melguizo (2009). *Fiscal Sustainability: Analytical developments and Emerging policy issues*, Chapter Projecting Pension Expenditures in Spain: On uncertainty, communication and Transparency. Banca d’Italia.
- European-Commission (2015). The 2015 ageing report. economic and budgetary projections for the 28 EU member states (2013-2060). *European Economy* (3).
- Eurostat (2013). European population projections, base year 2013. <http://ac.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-projections-data>.
- Fehr, Hans (2009). Computable stochastic equilibrium models and their use in pension-and ageing research. *De Economist*, 157, 359–416.
- Gavilán, A, P. Hernández de Cos, J.F. Jimeno, and J. A. Rojas (2011). Fiscal policy, structural reforms and external imbalances: a quantitative evaluation for Spain. Documentos de Trabajo 1107, Banco de España.
- Gobierno de España (2015). Actualización del programa de estabilidad, reino de España, 2015-2018. Technical report, Ministerio de Economía y Competitividad.
- Godínez-Olivares, Humberto, MC Boado-Penas, and Steven Haberman (2018). Optimal strategies for pay-as-you-go pension finance: A sustainability framework. *Insurance: Mathematics and Economics* (69), 117–126.
- INE (2016). Proyección de la población de España a largo plazo (2016-2066). [http://www.ine.es/inebaseDYN/propob30278/propob\\_resultados.htm](http://www.ine.es/inebaseDYN/propob30278/propob_resultados.htm).
- Jiménez-Martín, S. and AR Sánchez-Martín (2007). An evaluation of the life-cycle effects of minimum pensions on retirement behavior. *Journal of Applied Econometrics* (22), 923–950.
- Jimeno, JF. (2000). El sistema español de pensiones: previsiones de gasto y medidas de reforma. *Hacienda Pública Española*, Monografía 2000, 21–33.
- Jimeno, JF, Juan A. Rojas, and Sergio Puente (2008). Modelling the impact of aging on social security expenditures. *Economic Modelling*, 25, 201–224.
- Lee, R, A. Mason, and T. Miller (2003). Saving, wealth, and the transition from transfers to individual responsibility: the cases of Taiwan and the United States. *The Scandinavian Journal of Economics* (105), 339–357.
- Min. de Empleo y Seguridad Social (2015). Informe económico-financiero a los presupuestos de la seguridad social de 2016.
- Moral-Arce, Ignacio (2013). Aplicación de factores de sostenibilidad en el sistema de pensiones español: previsiones para el periodo 2012-2050. Technical Report 4/2013, Instituto de Estudios Fiscales.
- Moral-Arce, Ignacio and Federico Geli (2015). El índice de revalorización de las pensiones (IRP): Propuestas de solución del problema de circularidad. Documento de Trabajo DT/2015/1, AIReF.
- Patxot, C., E. Rentería, M. Sánchez-Romero, and G. Souto (2013). Integrated results for GA and NTA for Spain: some implications for the sustainability of welfare state. *Moneda y Crédito* (231), 7–51.

- Samuelson, Paul A. (1958). An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money. *Journal of Political Economy* (66), 467–482.
- Sánchez-Martín, Alfonso R (2000). Presente y futuro del sistema de pensiones contributivas. Análisis de su viabilidad financiera en equilibrio general dinámico. Trabajo presentado al premio Centenario de la Seguridad Social en España.
- Sánchez-Martín, Alfonso R (2002). Jubilación endógena y reforma del sistema público de pensiones en España. Tesis Doctoral de la Universidad Carlos III de Madrid.
- Sánchez-Martín, Alfonso R (2010). Endogenous retirement and public pension system reform in Spain. *Economic Modelling* (27), 336–349.
- Sánchez-Martín, Alfonso R (2012). Tendencias demográficas y sostenibilidad futura del sistema de pensiones en andalucía y españa. Vol 3 del proyecto “Situación socioeconómica y oportunidades de desarrollo en andalucía: retos para el futuro en un contexto global”, JI García (ed.), BBVA-DT Sur.
- Sánchez-Martín, Alfonso R (2014). The automatic adjustment of pension expenditures in spain: an evaluation of the 2013 pension reform. Documento de trabajo 1420, Banco de España.
- Sánchez-Martín, A. R. (2017). Proyecciones financieras y de bienestar del sistema español de pensiones: resultados de simulación. Documento de trabajo en curso, FEDEA.
- Sánchez-Martín, Alfonso R and Virginia Sánchez-Marcos (2006). Cambio demográfico y sistema de pensiones en España: efectos redistributivos intra e inter generacionales. Proyecto FIPROS 2006/13, Tesorería General de la Seguridad Social. MTAS.
- Sánchez-Martín, A R and V. Sánchez-Marcos (2010). Demographic change and pension reform in spain: An assessment in a two-earner, oig, model. *Fiscal Studies*, 31, 405–452.
- Summers, L (2014). U.s. economic prospects: secular stagnation, hysteresis, and the zero lower bound. *Business Economics*, 49, 65–73.

## A. Appendix

### A.1. Cálculo del IRP

Esta sección revisa los detalles de computación del Índice de Revalorización de pensiones introducido tras la reforma de 2013.

La tasa de crecimiento anual en el año  $t$  del valor del stock de pensiones preexistentes,  $g_{t+1}$  se obtiene aplicando la expresión legal:

$$\bar{g}_{t+1} = \bar{g}_{I t+1} - (\bar{g}_{p t+1} + \bar{g}_{s t+1}) + \alpha \left( \frac{\bar{I}_{t+1} - \bar{G}_{t+1}}{\bar{G}_{t+1}} \right) \quad (29)$$

El índice de revalorización de cada período está definido implícitamente en la ecuación anterior (ya que se genera simultáneamente con la tasa de sustitución corriente y con los valores futuros (5 períodos) de las variables). Esta endogenidad no supone un problema para la versión implementada del código, gracias a la estructura recursiva del algoritmo de solución:

- En primer lugar, reescribimos (29) de modo algo más conveniente. La tasa de crecimiento corriente del gasto total en pensiones se puede expresar

$$\Delta \log G_t = g_{p t} + \Delta \log B_t = g_{p t} + g_t + g_{s t}$$

(usando que el crecimiento de la pensión media,  $B_t$ , es la suma del IRP y del efecto de sustitución). De este modo obtenemos:

$$g_{p t} + g_{s t} = \Delta \log G_t - g_t \quad (30)$$

Denominamos  $g_{p t} + g_{s t}$  como  $g_{denom t}$  debido a la ecuación de equilibrio exacto del sistema en un período:

$$I_{t+1} = G_{t+1} \Leftrightarrow (1 + g_t) = \frac{1 + g_{I t}}{(1 + g_{p t})(1 + g_{s t})} \left( \frac{I_t}{G_t} \right) \quad (31)$$

Entonces, podemos reescribir (29) como:

$$\bar{g}_{t+1} = \bar{g}_{I t+1} - \bar{g}_{denom t+1} + \alpha \left( \frac{\bar{I}_{t+1}}{\bar{G}_{t+1}} - 1 \right) \quad (32)$$

- La rutina de cálculo conjetura una senda temporal<sup>68</sup> para el IR:  $\hat{g}_t$ . Con ella se actualizan las pensiones iniciales del modelo y se calcula la senda completa de gasto  $G_t$ . A continuación, es inmediato construir  $g_{denom t}$  usando  $\hat{g}_t$  en (30) y aplicarlo en (32) para calcular un nuevo valor del IRP:  $\tilde{g}_{t+1}$ .
- En general  $\tilde{g}_{t+1} \neq \hat{g}_{t+1}$ , de modo que se itera sucesivamente hasta que el error es suficientemente pequeño.

---

<sup>68</sup> Así como para el stock de capital por unidad de trabajo, el tipo impositivo y las herencias involuntarias

## A.2. Estimación de las bases reguladoras iniciales

Se necesita un modelo de evaluación de la base reguladora para las cohortes que, al comienzo de la simulación, se encuentran aún activas en el mercado de trabajo pero que tienen una parte del historial laboral incluido en la base reguladora (15 retardos) ya realizado. Construimos un modelo econométrico usando la MCVL-2011. Para cada género regresamos las bases observadas (expresadas en euros de 2010) sobre la edad y edad al cuadrado y sobre dummies de la cohorte de pertenencia. Los resultados se muestran en los Gráficos 55 y 56. Su utilización en el modelo se discute en la sección 4.3.2.

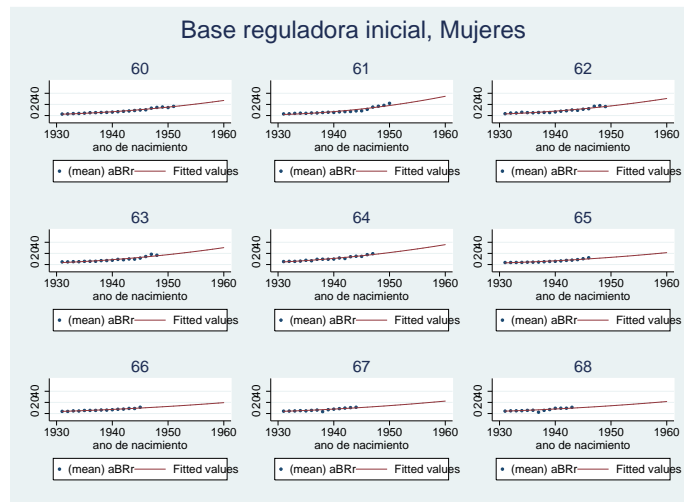


Figura 55: Bases reguladoras históricas: suavización de los datos en la MCVL por cohorte y edad de jubilación para mujeres.

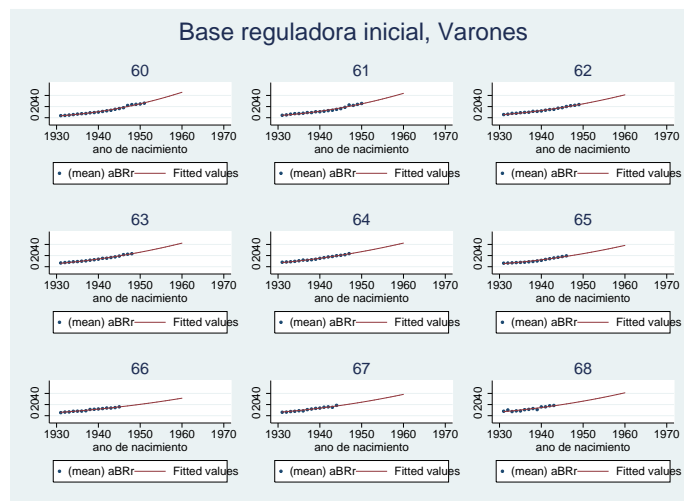


Figura 56: Bases reguladoras históricas: suavización de los datos en la MCVL por cohorte y edad de jubilación para varones.

### A.3. Estimación de los años cotizados iniciales

Una de las condiciones iniciales más relevantes para el cálculo del valor de la pensión inicial en el modelo es la longitud del historial laboral previo (años cotizados al comienzo de la simulación). Para obtener esta información construimos un modelo econométrico usando la MCVL-2011. Para cada género regresamos los años cotizados observados sobre la edad y edad al cuadrado y sobre dummies de la cohorte de pertenencia. Los resultados se muestran en los Gráficos 57 y 58. El uso de los mismos se discute en la sección 4.3.2.

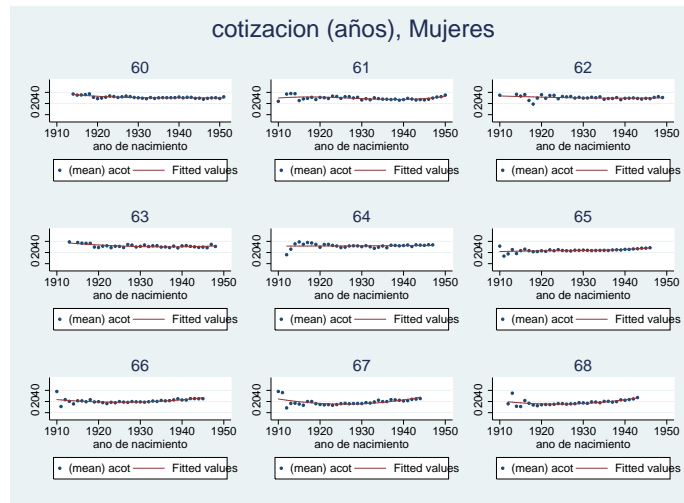


Figura 57: Años contribuidos: modelo suavizado de los datos en la MCVL por cohorte y edad de jubilación para mujeres.

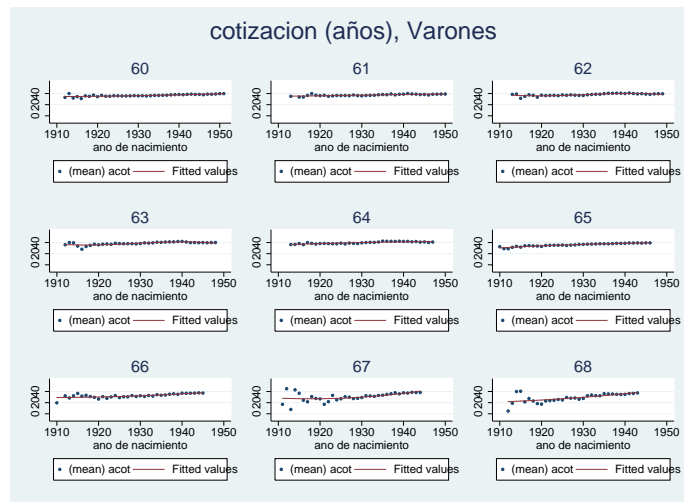


Figura 58: Años contribuidos: modelo suavizado de los datos en la MCVL por cohorte y edad de jubilación para varones.