



## **Actualización del Modelo de Simulación del Sistema de Pensiones MSSP-OLG: i) Una visión general**

Alfonso R. Sánchez Martín

Documento de Trabajo 2023/03  
**abril de 2023**

**fedea**

*Las opiniones recogidas en este documento son las de sus autores  
y no coinciden necesariamente con las de Fedea.*

# **Actualización del *Modelo de Simulación del Sistema de Pensiones MSSP-OLG:* i) *una visión general*<sup>1</sup>**

**Alfonso R. Sánchez Martín**

**Versión actualizada, julio de 2023\***

## **Resumen**

Este trabajo es el primero de una serie en la que se describe la actualización del modelo de simulación del sistema público de pensiones contributivas de FEDEA (MSSP-OLG) con el fin de analizar los efectos de la reforma cerrada recientemente. Además de revisar la calibración del modelo, ha sido necesario introducir en el mismo dos extensiones metodológicas importantes: una que permite modelizar la respuesta a cambios normativos no anticipados y otra que ayuda a recoger mejor el grado de heterogeneidad existente entre agentes en términos de sus bases de cotización y pensiones. Este primer trabajo contiene, además de una breve discusión de las medidas adoptadas como parte de la reforma, una introducción a la versión anterior del modelo que sirve de punto de partida al proyecto, y un primer esbozo de los cambios que se introducen en éste, dejando los detalles técnicos para los dos artículos siguientes.

---

<sup>1</sup> Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación que ha sido financiado en parte por la Fundación Ramón Areces.

\* Para recoger algunas mejoras en la modelización omitidas por error en la versión original, se ha extendido la sección 4.3 y se ha añadido una nueva sección 4.4.

## índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Instituciones de pensiones 2013/2023: un viaje de ida y vuelta	2
1.1.1. La reforma de 2013: el origen del IRP y del FS	3
1.1.2. La <i>contra-reforma</i> de 2021/2023	4
1.1.3. Cambio en los principios organizadores del Sistema	6
1.2. Estructura del proyecto y organización en documentos de trabajo	7
<b>2. El modelo MSSP-OLG: visión general</b>	<b>9</b>
2.1. La utilidad de los modelos de proyección	9
2.2. El impacto del cambio institucional en el gasto en pensiones: dos enfoques	10
2.2.1. Proyección de gasto en el <i>modelo contable agregado</i> (MCA)	10
2.2.2. Proyección de gasto en el enfoque de equilibrio (ME)	12
2.2.3. ¿Merece la pena implementar el modelo de equilibrio?	14
2.3. Breve historia del desarrollo del modelo MSSP-OLG: de v0 a v2	15
<b>3. Descripción detallada del modelo versión v2</b>	<b>17</b>
3.1. Estructura del modelo y tipos de variables	17
3.2. Técnica de solución	18
3.3. Areas de modelización	21
3.3.1. Parámetros y variables demográficas	22
3.3.2. Parámetros y variables macroeconómicas	23
3.3.3. Parámetros y variables de mercado de trabajo	29
3.3.4. Parámetros y variables del Sistema de Pensiones	33
<b>4. Versión v3 del modelo: mejoras en la modelización y en la calibración</b>	<b>40</b>
4.1. Inclusión de “shocks” imprevisibles al marco institucional	40
4.2. Heterogeneidad de cotizaciones e ingresos de pensiones	41
4.3. Actualización de los procesos exógenos	43
4.4. Mejoras en la modelización del Sistema de Pensiones	43
<b>Referencias</b>	<b>44</b>

## 1. Introducción

Este trabajo presenta algunos aspectos de un proyecto de investigación centrado en el análisis del impacto de la *contra-reforma* de pensiones de 2021/2023 sobre el gasto en pensiones contributivas. Se centra, en particular, en la descripción del diseño y evolución de una de las herramientas centrales del proyecto y de anteriores informes de FEDEA sobre el tema: el modelo de simulación del sistema de pensiones en un marco de equilibrio general con generaciones solapadas calibrado a la economía española (MSSP-OLG) desarrollado por el autor en trabajos previos. La versión actual del modelo se utilizará, como veremos en una serie de trabajos que comienza con éste, para intentar responder a preguntas básicas sobre los efectos de los cambios recientemente introducidos en la generosidad de las pensiones contributivas sobre la sostenibilidad futura del sistema, la pérdida de contributividad generada y el reparto entre generaciones de las cargas derivadas del envejecimiento poblacional. El punto de partida para este análisis es la versión del modelo presentada en 2017, que ha sido utilizada en diversos análisis de los efectos de la anterior reforma de pensiones (2011/2013).

El actual proyecto se centra en la actualización del modelo y el desarrollo de las extensiones necesarias para analizar el impacto de los recientes cambios legislativos. En esta Introducción repasamos estos cambios y presentamos la forma en que hemos estructurado el proyecto para analizar sus efectos.

### 1.1. Instituciones de pensiones 2013/2023: un viaje de ida y vuelta

Treinta años después de los primeros trabajos sobre el tema, la imposibilidad de resolver las dificultades financieras del sistema español de pensiones contributivas sigue siendo motivo de preocupación. En todos los ciclos de mercado, con o sin ayuda de la Unión Europea y con gobiernos de distinto color político, el elemento común a todos los esfuerzos de reforma ha sido la incapacidad de reunir la voluntad y el conocimiento suficientes para generar propuestas con probabilidades de éxito (es decir, técnicamente correctas, económicamente factibles y con el suficiente consenso para perdurar en el tiempo). El episodio que nos ocupa, la reforma de 2013 y la *contra-reforma* de 2021/2023 es un ejemplo paradigmático en este ciclo de fracasos. Las medidas de pensiones aprobadas en 2021/2023 no sólo suponen la *abolición* de las instituciones de pensiones introducidas en 2013, sino que suponen de hecho un auténtico cambio copernicano en la aproximación al problema subyacente a las dificultades financieras: el reparto de los costes del envejecimiento poblacional.

Esta sección trata de hacer tangible esta realidad en tres pasos: primero recuerda brevemente los rasgos básicos de la reforma de 2013, ya abolida; en segundo lugar, detalla el enjambre de nuevas medidas aprobadas en la *contra-reforma* recientemente completada y, finalmente, reflexiona sobre los profundos cambios que esta reforma introduce en los principios básicos con los que se concibe el sistema.

### 1.1.1. La reforma de 2013: el origen del IRP y del FS

La reforma de pensiones de 2013 (BOE, 2013) es inseparable de las condiciones económicas que la vieron nacer: los años posteriores al pinchazo de la Burbuja Inmobiliaria, la Gran Recesión de 2008 y la Crisis de Deuda Soberana europea que llegó a poner en tela de juicio la supervivencia del Euro. En esa época, en marcado contraste con la más reciente crisis de 2020, la consolidación fiscal estuvo en el núcleo de la respuesta de los países centrales de la Unión Europea a la crisis. La reducción del gasto presente y futuro en pensiones se convirtió en una receta común entre los países con dificultades financieras. En España, este tratamiento se dosificó en dos tomas: una reforma paramétrica en 2011 (BOE, 2011), y la implementación, por primera vez en nuestro sistema de pensiones, de dos *mecanismos de ajuste automático* del gasto (MAA):<sup>2</sup>

- El *Factor de Sostenibilidad*, FS, suponía la indexación de la pensión inicial a la esperanza de vida de la cohorte del pensionista en la edad legal de jubilación. La lógica subyacente era equitativa: *ceteris paribus*, todas las cohortes de pensionistas debían ser tratadas por igual en términos de la cuantía total de recursos que recibirían durante su período de jubilación.
- El *Índice de Revalorización de las Pensiones* (IRP) respondía a una evaluación del desequilibrio financiero del sistema de pensiones (calculado a lo largo de un intervalo de 10 años que, presumiblemente, debería aislar el resultado de fluctuaciones cíclicas). Como puro indicador técnico, el IRP no determinaba la forma en la que se debía corregir el desequilibrio (vía mayores ingresos o menores gastos). Con unas finanzas públicas en graves dificultades, sin embargo, se asumió que el mecanismo funcionaría bajo el supuesto de ausencia de recursos adicionales para transferencias de pensiones. De este modo, el IRP, en su concepción inicial, debía determinar la tasa anual de actualización del “stock” de pensiones existente necesaria para eliminar el déficit en el plazo de una década. Esta interpretación, en la práctica, implicaba recortes muy considerables en la cuantía de las pensiones, por lo que se incorporaron varios mecanismos de suavización del ajuste<sup>3</sup>. Para evitar estas caídas, la versión finalmente aplicada congelaba, de facto, la pensión nominal, exponiendo a los pensionistas al riesgo de depreciación *real* de sus ingresos de jubilación. En un contexto próximo a la deflación, este riesgo no se percibió como una posibilidad muy preocupante. Pese a ello, la mayoría de los economistas coincidieron en que esta forma de ajuste (que lleva a caídas continuas en el poder de compra conforme los jubilados envejecen) no sería sostenible.

El FS y el IRP suponían la consagración de dos principios básicos: el predominio del ajuste vía gasto como forma de corregir los déficits del sistema (en el entendimiento de que no se

---

<sup>2</sup> La reforma paramétrica de 2011 retrasó la Edad Legal de Jubilación a 67 años y extendió el número de años en la base reguladora de la pensión de 15 a 25 años. Ambos procesos se implementaron progresivamente en el tiempo. Una exploración detallada de las reformas de 2011 y 2013 se encuentra en el capítulo 4 de De la Fuente et al. (2017).

<sup>3</sup> Se estableció un coeficiente que limitaba la proporción del desequilibrio estimado que se incorporaba al ajuste anual y se fijó un suelo y un techo para la tasa de revalorización resultante.

proporcionarían recursos adicionales al IRP) y la conveniencia de codificar estos ajustes en la forma de un mecanismo automático para evitar a los legisladores futuros la tentación de huir de los mismos. El mecanismo mantenía una visión esencialmente contributiva del sistema y basaba su transparencia en dar visibilidad al desajuste entre los ingresos por cotizaciones y los “gastos” por transferencias de pensiones.

### 1.1.2. La contra-reforma de 2021/2023

El sistema de ajuste automático establecido en 2013 se ha dismantelado en un proceso que ha durado varios años y se ha reconducido hacia planteamientos básicos muy distintos y, en buena medida, aún no enteramente delimitados. Los pasos principales de este proceso han sido la suspensión práctica del IRP a partir de 2018, su derogación formal (junto con el FS) en 2021 (BOE, 2021) y la introducción (BOE, 2023), previo pacto con la Comisión Europea, de subidas inmediatas en las cotizaciones sociales y del compromiso de introducir subidas adicionales como mecanismo para ajustar los déficits futuros. A lo largo de este proceso se han introducido un gran número de cambios de muy diversa entidad e intención que trataremos de resumir en la enumeración que sigue.<sup>4</sup> Una evaluación preliminar de los últimos cambios introducidos puede encontrarse en de la Fuente (2023 a y b).

#### 1. Cambios en la fórmula de cálculo de la pensión inicial de jubilación.

- a) Eliminación del Factor de Sostenibilidad.
- b) Revisión de los coeficientes reductores aplicables en caso de *jubilación anticipada voluntaria*. Se persigue desincentivar la jubilación con anterioridad a la Edad Legal de jubilación. Los nuevos coeficientes reductores no se aplicarán sobre la base reguladora sino sobre la cuantía de la pensión (progresivamente durante un período de 10 años). En caso de *jubilación anticipada involuntaria* se establecen coeficientes reductores menores que los aplicados en la jubilación voluntaria en caso de salida en los seis meses previos a la edad de jubilación ordinaria. En los dos años previos se aplicará el conjunto de coeficientes que resulte más favorable al pensionista. Las condiciones de acceso se modifican para facilitar el uso de esta modalidad de jubilación. La eficacia de estas medidas a la hora de incentivar el retraso de la jubilación ha sido estudiada en (Devesa-Carpio et al. 2022), con conclusiones poco favorables. Finalmente, se reducen las penalizaciones de jubilación anticipada para aquellos jubilados a partir del 1 de enero de 2002 que tengan un historial de cotización igual o superior a 44 años y 6 meses.
- c) Jubilación demorada: se da la opción de elegir entre un porcentaje adicional del 4% anual por año retrasado o una cantidad a tanto alzado.

---

<sup>4</sup> Revisamos los cambios más significativos. Existen muchas pequeñas modificaciones adicionales dirigidas a colectivos específicos que, presumiblemente, deben tener un impacto agregado menor.

- d) Cálculo de la Base reguladora. El período de cómputo (número de años cotizados utilizados para calcular la base reguladora de la pensión) se elevará de 25 a 29, pero se podrán excluir los 24 meses con menor base de cotización actualizada. Los jubilados podrán, en todo caso, elegir entre este sistema y el actualmente en vigor durante un período transitorio de 20 años.
2. *Edad de jubilación*: prohibición de cláusulas de jubilación forzosa en convenios para edades inferiores a 68 años. Para la Jubilación Activa se exige el trascurso de al menos un año desde la edad ordinaria de jubilación para poder acceder a esta modalidad.
3. *Decisiones anuales del sistema*, vinculadas típicamente a las leyes de presupuestos:
- a) Regla de actualización de pensiones: la actualización ligada al IRP se sustituye por la indexación a la inflación media del período precedente. En caso de inflación negativa las pensiones no sufrirán reducción.
- b) Reglas de actualización de los topes máximos de pensiones y cotizaciones:  
Se propone una tasa de crecimiento anual *real* de la base máxima de cotización del 1.2%, mientras que la pensión máxima crecerá al 0.115%. El diferente crecimiento de ambos topes convierte a las nuevas cotizaciones así generadas en un impuesto sobre las rentas laborales elevadas (“destope” de la base máxima). De la Fuente (2022) estudia las consecuencias de esta medida.
- c) Pensiones mínimas contributivas: pasan a estar ligadas al umbral de pobreza de un hogar de dos adultos (60% de la renta mediana calculada conforme a la ECV del INE). Específicamente, la pensión para mayores de 65 años con cónyuge a cargo no podrá ser inferior al equivalente a 14.3 miles de euros anuales a precios actuales (en 2027 debe alcanzarse el 60% de la renta mediana).
4. *Financiación*:
- a) La reforma de 2021 modifica el método de cálculo del saldo de la Seguridad Social en el contexto del presupuesto público. Específicamente, atribuye un carácter no contributivo a un grupo de gastos diversos (denominados *gastos impropios*) e introduce una transferencia del Estado para financiarlos. Una discusión del contenido de estos gastos puede encontrarse en de La Fuente et al. (2021). Para 2023 (ver García-Díaz (2022)), este ajuste en la contabilidad interna del Sector Público permitirá reducir el déficit de la Seguridad Social de una cifra próxima a 32 mil millones de Euros (2.3% del PIB) a un valor inferior al 1% (algo más de 13 mil millones) en 2023, a costa de aumentar el déficit del Estado en la misma cuantía.
- b) En 2021 se establece el Mecanismo de Equidad Intergeneracional (MEI), formalmente como sustituto del FS aunque desempeña una función diferente a aquel. En su primera versión consiste en una cotización adicional por contingencias comunes del 0.6% entre 2023 y 2032 que permitiría dotar un Fondo de Reserva con el propósito de hacer frente

a los gastos de pensiones asociados a la jubilación de los “Baby Boomers”. La vigencia de esta normativa ha sido excepcionalmente corta, ya que en marzo de 2023 se ha extendido su período de vigencia hasta 2050 y se ha duplicado el valor inicial del tipo de cotización. Un estudio de este mecanismo puede encontrarse en de la Fuente et al. (2022).

- c) Introducción de una “cuota de solidaridad” sobre las rentas salariales más altas. La cuota es un impuesto sobre la renta salarial en exceso de la base máxima de cotización en cada instante, con un abanico de tipos centrado inicialmente en el 1% en 2024, que aumentará hasta alcanzar el 6% en 2027.
- d) Se incluye un compromiso de subidas ulteriores de cotizaciones en caso de que el gasto proyectado medio del Sistema entre 2022 y 2050 de acuerdo con el *últimos Ageing Report* de la Comisión Europea, neto del efecto de ciertas medidas de ingreso (evaluadas por la AIREF), exceda un determinado umbral.
- e) Cambio en la normativa de cotización de los autónomos afiliados al RETA. Desaparece la libre elección de base de cotización, que es sustituida por una fórmula ligada a los ingresos fiscales esperados. El nuevo mecanismo debe aumentar apreciablemente los ingresos de cotizaciones del Sistema y, consecuentemente, los “gastos” futuros de pensiones (aunque con un desfase temporal).
- f) Se extienden algunas exenciones de cotización para fomentar el retraso en la edad de jubilación.

### 1.1.3. Cambio en los principios organizadores del Sistema

Es fácil sentirse confuso dada la cantidad de cambios introducidos. Tratando de separar el grano de la paja (es claro que algunos de los cambios tratan de satisfacer intereses muy específicos, con una repercusión posiblemente pequeña en los agregados) destacaríamos las siguientes regularidades subyacentes:

- Contrariamente a la postura comúnmente aceptada con anterioridad, la actual administración de la Seguridad Social no ve problemático que aumenten los gastos presentes y futuros de pensiones. El enfoque ha pasado a enfatizar el control del *déficit* (quizás por exigencia europea), lo que ha resultado en un amplio programa de aumento de cotizaciones sociales e impuestos específicos sobre el trabajo, así como un recurso creciente a los ingresos generales del sector público como fuente de financiación.
- El acuerdo de marzo de 2023, incorporado al Real Decreto-ley que cierra la contrarreforma, establece el compromiso de ajustar los déficits (presentes y futuros) que se manifiesten por la vía de aumentos adicionales de ingresos. Se retorna, por tanto, a la noción de un Mecanismo de Ajuste Automático ya presente en 2013. La vida efímera de aquellos acuerdos y la falta de consenso entre los agentes sociales y políticos sobre los nuevos cambios sugiere,



sin embargo, una postura de sano escepticismo sobre la pervivencia en el tiempo de las últimas reformas.

- Las propuestas de actualización de los topes de pensiones y cotizaciones implican un cierto avance hacia modelos tipo “Beveridge” en el que la variabilidad de la pensión pública es reducida. El abandono del modelo contributivo es también evidente por el lado de la financiación, con una apelación creciente al presupuesto general. Estas tendencias permanecen en una cierta penumbra en la medida en que no hay propuestas explícitas de rediseño del sistema en esa dirección. El paso a una pensión más uniforme y menos ligada a las cotizaciones personales es especialmente problemático desde la perspectiva del cambio en los incentivos de comportamiento. La teoría económica convencional sugiere que la participación laboral, las horas trabajadas y los ingresos reconocidos en el sistema formal podrían resentirse en este modelo. Es importante notar que los sistemas de tipo “Beveridge” más conocidos trabajan con niveles universales de pensiones bastante inferiores a los existentes en España.
- El nuevo sistema no apuesta por la transparencia en el sentido de que tiende a exhibir los beneficios de los cambios, pero oculta sus costes. Las altas cotizaciones e impuestos derivarán (*ceteris paribus*) en pérdidas de empleo, innovación y horas trabajadas, en más jubilaciones anticipadas, en la huida del capital humano de alta cualificación a otras latitudes, en el aumento de la economía informal y el abandono de proyectos empresariales (a todas las escalas) y, más en general, en todos los cambios inducidos a nivel social y familiar por la ralentización del crecimiento económico. Todos estos costes serán un “contrafactual” invisible (salvo en las tendencias macro, donde se mostrarán mezclados con otros factores simultáneos). Mientras, las altas pensiones serán plenamente tangibles y fácilmente atribuibles, generando réditos políticos inmediatos. Igualmente, será inevitable producir menos bienes públicos de lo que sería factible con menores transferencias de pensiones, sin que estos bienes no producidos generen inquietud alguna en los auténticos responsables de su ausencia futura.<sup>5</sup>

## 1.2. Estructura del proyecto y organización en documentos de trabajo

El objetivo de este trabajo es estudiar el impacto sobre la situación financiera del Sistema de Pensiones de la *contra-reforma* descrita en la Sección previa. Para ello partimos del entorno de modelización de equilibrio general empleado en trabajos previos (en, por ejemplo, de La Fuente et al. (2019)), en el que es posible estudiar tanto el impacto financiero como las consecuencias inter- e intra- generacionales de los cambios implementados.

---

<sup>5</sup> Lamentablemente para los políticos populistas, la escasa productividad de la economía española ya está generando problemas ampliamente reconocidos en la producción de algunos bienes públicos (p. ej. sanidad). Esta realidad será más difícil de ocultar a la opinión pública que los costes de oportunidad puramente económicos de la nueva política de pensiones.

Las peculiaridades de la reforma (y las limitaciones intrínsecas de los algoritmos utilizados hasta el momento) exigen, sin embargo, que realicemos una mejora de entidad en la técnica de solución del modelo y en su calibración. Estos desarrollos tienen un alcance suficiente para suponer un cambio en la versión del modelo, desde la versión v2 aplicada en 2017 a la nueva versión v3. La Sección 2.3 presenta la evolución histórica y los usos previos del modelo para el lector interesado. En conjunto, el proyecto se articula en torno a cuatro tareas bien diferenciadas, que presentaremos por medio de cuatro documentos sucesivos: de sus diversos componentes con la situación española en torno al año 2020.

1. La primera modificación metodológica del modelo es necesaria para aumentar la heterogeneidad en las bases contributivas y en los ingresos de pensiones de los agentes que lo pueblan. En la versión previa, el modelo tiene mucha heterogeneidad, pero no suficiente para reflejar con precisión el peso de los extremos superior e inferior de la distribución de ambas variables. Estos pesos son importantes para captar la incidencia de algunos de los cambios que la reforma introduce en la regla de evolución de los topes de pensiones y bases contributivas. El documento Sánchez-Martín (2023a, de próxima publicación) explica los cambios técnicos introducidos, consistentes esencialmente en la incorporación de modelos calibrados de la distribución de ambas variables al código principal de la simulación.

2. La segunda modificación metodológica introduce un nuevo procedimiento de solución que permite tratar los cambios de política como sorpresas, en lugar de como eventos perfectamente anticipados por los agentes desde siempre, lo que altera las correspondientes sendas de ajuste. Bajo el nuevo procedimiento se respeta la secuencia temporal de los cambios institucionales y se mantiene el uso de un intervalo observable como *fase de prueba* del buen funcionamiento del modelo. Para ilustrar la nueva rutina, simulamos con ella la eliminación del IRP y del FS en 2020. Estos resultados se presentan en Sánchez-Martín (2023b, de próxima publicación).

3. Finalmente, utilizamos el modelo actualizado con los cambios anteriores para simular la *contra-reforma* completa de pensiones de 2021/2023 en de la Fuente y Sánchez (2023, de próxima publicación).

Las secciones siguientes de este documento se organizan como sigue. Comienza con una revisión informal del ejercicio de modelización y de las ventajas de los modelos de equilibrio en la Sección 2. A continuación entramos en el corazón del manuscrito: una revisión detallada de los diversos componentes del modelo MSSP-OLG en la Sección 3. Finalmente, la Sección 4 presenta los cambios incorporados en la última versión del modelo, que son desarrollados en los dos documentos de trabajo que siguen al presente trabajo.

## 2. El modelo MSSP-OLG: visión general

En esta sección presentamos los rasgos básicos del ejercicio de proyección de gasto en pensiones y las propiedades del modelo utilizado para ejecutarlo. El objetivo es dar una visión intuitiva de la lógica de nuestras elecciones de modelización, dejando los detalles técnicos para las secciones siguientes.

### 2.1. La utilidad de los modelos de proyección

Pese a que los principios clave de la modelización económica son relativamente sencillos, su aplicación a los sistemas de pensiones suele generar ciertas incomprendiones (que los autores de este proyecto han experimentado con el paso de los años). Por ello, comenzamos la sección con una breve digresión sobre la utilidad de los modelos.

El mundo es complejo y sólo puede abordarse utilizando descripciones que simplifiquen, en alguna dimensión, los problemas objeto de estudio. En consecuencia, los modelos sólo van a ser mapas aproximados de la realidad que, bajo ciertas circunstancias, pueden ser *útiles* para reflexionar sobre alguno de sus aspectos. Algunos de los rasgos más determinantes para que un modelo alcance un grado de *utilidad* razonable son:

- (i) Debe estar construido para abordar una pregunta concreta bien definida.

Ningún modelo puede pretender dar respuestas a múltiples preguntas. El primer paso del experimento de modelización es formular una pregunta objetivo bien delimitada.

- (ii) Se debe usar el modelo más sencillo posible, “pero no más”.<sup>6</sup>

Un modelo muy simplificado es fácil de resolver, pero puede ignorar relaciones relevantes que resten utilidad a los resultados obtenidos.

- (iii) La lógica de las relaciones entre los elementos del modelo debe ser correcta.

La lógica de las conexiones entre elementos del modelo debe ser acorde con lo existente en la realidad objetivo. Ninguna formulación matemática salvará un modelo con una lógica subyacente defectuosa.

- (iv) El modelo debe ser transparente respecto de lo que aporta frente a lo que toma como dado.

Junto a las variables *endógenas* (resueltas durante el cálculo), todos los modelos deben incluir variables *exógenas* que se toman como dadas. Éstas representan aspectos del problema que, aunque relevantes, no son objeto directo de estudio y se toman, por tanto, como dados. Su presencia en el modelo es consecuencia directa del principio (i). Al presentar las soluciones, un buen trabajo debe ser transparente respecto de la contribución de cada tipo

---

<sup>6</sup> Traducción de la célebre frase “Everything should be as simple as it can be, but not simpler”, que resume una ponencia de A. Einstein en Oxford en 1933.

de variable. Idealmente, debe evaluar la sensibilidad de los resultados respecto de cambios en las variables exógenas.

En resumen, un modelo útil debe capturar las interacciones más decisivas para la pregunta estudiada e iluminar las consecuencias de cambios en las mismas. A continuación, veremos como aplican estos principios al modelizar los gastos futuros de pensiones. A efectos ilustrativos, comparamos nuestra técnica de modelización de equilibrio general con una técnica contable más sencilla de resolver.

## 2.2. El impacto del cambio institucional en el gasto en pensiones: dos enfoques

En este trabajo nos ocupa una pregunta claramente definida: ¿cuál es el impacto de cambios normativos en el gasto agregado en pensiones contributivas?<sup>7</sup> No se trata sólo de construir una senda del *nivel absoluto* de gasto en un entorno institucional y económico dado, sino de medir los efectos de cambios en la normativa en vigor. Para mostrar las elecciones de modelización en nuestro experimento, vamos a comparar nuestro modelo “de equilibrio” (MSSP-OLG, al que nos referimos de modo conciso como ME) con un método más sencillo de calcular: una ecuación contable del gasto agregado en pensiones (*modelo contable agregado*, MCA).<sup>8</sup> Esta técnica no suele utilizarse para analizar cambios institucionales (aunque sí para proyecciones directas de gasto con la normativa vigente), de modo que sólo la utilizamos para ilustrar problemas/controversias de nuestra técnica de modelización.

### 2.2.1. Proyección de gasto en el *modelo contable agregado* (MCA)

Es bien conocido que el ratio de “gasto” (valor de las transferencias de pensiones, *TRP*) sobre el PIB (*Y*) en cada instante puede descomponerse como el producto de cuatro factores determinantes:

$$\frac{TRP}{Y} = \frac{\bar{b} J}{y E} = \left( \frac{\bar{b}}{y} \right) \left( \frac{J P_{20/64} P_{65}}{E, P_{20/64} P_{65}} \right) = \frac{rep\ cob\ td}{te} \quad (1)$$

donde

rep=	$b/y$	= Tasa de reposición (pensión media/producto medio por empleado)
cob=	$J/P_{65}$	= Tasa de cobertura (Jubilados/Mayores de 65 años)
td=	$P_{65}/P_{20/64}$	= Tasa de dependencia (Mayores 65/Población en edad de trabajar)
te=	$E/P_{20/64}$	= Tasa de empleo (Empleados/Población en edad de trabajar)

<sup>7</sup> Como se ha indicado en la Sección 1.1, el objetivo último del trabajo es estudiar la eliminación de las reformas de pensiones de 2013 y los cambios introducidos en 2021/2022 en sustitución de la misma. Esta tarea se hace en dos pasos: el tercer WP (Sánchez-Martín (2023b)) de la serie estudia la eliminación del IRP y del FS, mientras que el impacto de las nuevas disposiciones se presenta en el informe final De la Fuente y Sánchez (2023)

<sup>8</sup> Son varias las metodologías que pueden aplicarse para hacer proyecciones de gasto en pensiones. La Sección 2 de Sánchez-Martín (2017a) presenta las más importantes y la Sección 5 del mismo trabajo revisa críticamente la metodología de equilibrio.

La identidad (1) muestra la dependencia del gasto respecto de la demografía ( $td$ ), el estado del mercado de trabajo ( $te$ ) y la normativa de pensiones, que determina las tasas de reposición y cobertura. Para aplicar (1) típicamente se parte de un instante en que los cuatro determinantes del ratio se conocen. A partir de estos valores se postulan:

1. Sendas exógenas de evolución futura de la demografía y la tasa de empleo para el intervalo de interés.
2. Sendas de la evolución futura de las tasas de reposición y cobertura que sean coherentes con el escenario demográfico y laboral propuesto en 1.
3. La ecuación (1) combina los cuatro ingredientes para generar proyecciones de los niveles del ratio de “gasto” futuro en pensiones sobre PIB.

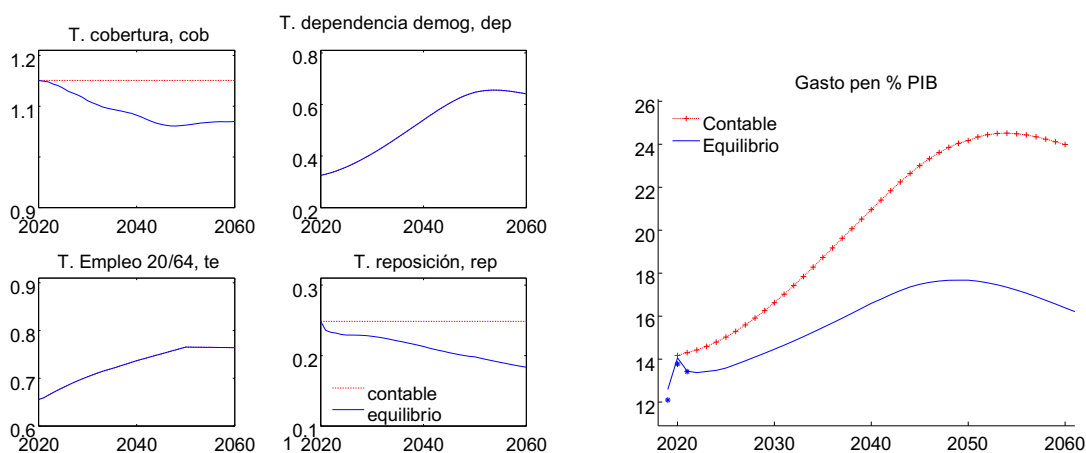


Figura 1: Dcha: peso del gasto en pensiones de jubilación sobre PIB e (izqda) descomposición contable de acuerdo a la ecuación (1). La línea azul de trazo continuo está generada por el modelo de equilibrio. La línea roja de trazo discontinuo aplica el modelo MCA suponiendo constancia en las tasas  $rep$  y  $cob$ .

El Gráfico 1 muestra un ejemplo muy simplificado del uso de esta técnica. Se toman como dadas las sendas demográficas y de mercado de trabajo propuestas para el intervalo 2020/2070 en la última proyección para España del AWG de la Comisión Europea (ver Ministerio-Economía (2021)).<sup>9</sup>

<sup>9</sup> El uso de variables exógenas es característico de este tipo de proyecciones y uno de los aspectos peor comprendidos de las mismas. Si el objetivo del cálculo se centra en pensiones es razonable que éstas sean el único factor endógeno del modelo, al menos en una primera modelización. La complejidad del funcionamiento del mercado de trabajo y de la demografía demanda que se traten con modelos específicos. Al tratar estas variables de modo exógeno el estudio evita que la problemática en la modelización de las mismas se añada y se confunda con la problemática intrínseca de pensiones. Por eso, es útil que se recurra a ejercicios de proyección *condicionada* en que los resultados dependen de sendas exógenas de las variables no-centrales del modelo.

A continuación, el método MCA debe generar *endógenamente* las tasas de reposición de las pensiones de jubilación (dependientes de la fórmula de cálculo, de las series proyectadas para los topes legales, y de la dinámica relativa del producto por empleado y las bases reguladoras) y las tasas de cobertura (dependientes de la edad de jubilación y del cumplimiento de los requisitos para acceder a la pensión). Ambos factores son, además, sensibles a los cambios de composición de la población.

A efectos puramente ilustrativos, nuestro ejemplo en el Gráfico 1 proyecta un entorno en el que las pensiones se actualizan con el IPC adoptando la hipótesis más sencilla: suponer que el mantenimiento sin cambios del entorno institucional lleva al mantenimiento de los valores de *cob* y *rep* en las cifras observadas en 2020<sup>10</sup>. El panel derecho del gráfico muestra el resultado de estas hipótesis: una explosión de gasto.

¿Es este resultado razonable? Claramente no, ya que, incluso con una fórmula de pensiones fija, hay varias fuerzas que empujan a caer a la tasa de reposición (por ejemplo, el cambio en la composición del stock de pensionistas por el aumento del peso laboral de las mujeres, el efectos de los topes máximos de pensiones y contribuciones o el aumento en los historiales contributivos derivados del aumento en las tasas de empleo). La tasa de cobertura también cambia por efectos de composición y por cambios en las pautas de jubilación. Este ejemplo muestra, por tanto, la forzosa *endogeneidad* de los dos componentes de pensiones de (1) y la necesidad de completar la ecuación contable con otros análisis específicos (como la extrapolación con técnicas econométricas o la microsimulación, de la que el ME es un caso particular). Esta necesidad es aún más acuciante cuando se trata de determinar el impacto de un cambio de política. Aun manteniendo la exogeneidad de las sendas demográficas y de mercado de trabajo, es evidente que los componentes de pensiones van a cambiar con el cambio legal y el analista debe determinar endógenamente la cuantía de esos cambios.

### **2.2.2. Proyección de gasto en el enfoque de equilibrio (ME)**

El modelo de equilibrio incluye una modelización explícita (y conceptualmente sencilla) que endogeneiza las tasas de reposición y de cobertura: un modelo de las normas de pensiones y del ciclo vital de los individuos que obtienen de ellas sus ingresos de jubilación. La estructura del experimento es, de modo resumido, como sigue. Construimos una economía poblada por Hogares Representativos (HRs) y un sector público (SP) que regula e interviene en la economía de diversas formas. Las personas que forman los HRs interactúan, a lo largo de su ciclo vital, a través de mercados y empresas bajo la regulación del SP. Así, los individuos prestan su trabajo a través de empresas privadas (propietarias del capital productivo), que les remuneran con un salario del que se descuentan las cotizaciones sociales obligatorias. El salario puede ahorrarse adquiriendo una participación en el capital de las empresas de la economía o gastarse en los bienes producidos por las mismas. La parte ahorrada se remunera con el tipo de interés del mercado de capital, neto de los impuestos que el SP establece para financiar diversos servicios públicos. Los individuos,

---

<sup>10</sup> El entorno con actualización por IPC es el relevante ya que, de facto, el IRP y el FS no se aplicaban en 2020

lógicamente, también pagan impuestos sobre sus rentas salariales y, al fallecer, sobre las herencias. Al llegar a la edad de jubilación, el SP proporcionará una pensión basada en su edad y en la cuantía y duración de las cotizaciones efectuadas durante su vida laboral conforme a la normativa de pensiones en vigor.

La esencia del enfoque de equilibrio radica en que los agregados se obtienen por suma simple de las variables de los Hogares y del Sector Público. Así, agregando las transferencias de pensiones de todos los jubilados es posible calcular el “gasto” total en pensiones en cada instante,  $TRP^t$ . De igual forma, agregando todas las rentas de la economía se puede obtener el PIB anual del modelo,  $Y^t$ . En consecuencia, el peso del gasto en pensiones en el PIB,  $TRP^t/Y^t$  “emerge” directamente de las acciones de los agentes que habitan en la economía y que operan conforme a las reglas cuyo estudio es el objeto de investigación. Este es el concepto básico que diferencia a los modelos *de equilibrio* de otros enfoques.<sup>11</sup> Los precios son el elemento vertebrador entre agregados y comportamiento individual: los agentes deciden usando sólo la información en los precios; éstos se forman a partir de los agregados y los agregados se generan por suma de las decisiones individuales. El procedimiento de cálculo explora iterativamente la economía hasta que todo el proceso está correctamente alineado, tal y como muestra el Gráfico 2 de la Sección 3.2.

### **Proyecciones condicionadas: el papel de las variables exógenas**

El modelo de equilibrio también recurre a la previsión condicionada en todas aquellas dimensiones “colaterales” a la pregunta sobre el gasto en pensiones. Así, los hogares del modelo deciden sobre su ahorro y jubilación, pero suponemos que sus perfiles de horas trabajadas y la productividad de su trabajo están dadas externamente. Esto es razonable: hay áreas enteras de la economía dedicadas a estudiar la determinación de esas variables. Exigirle al modelo que resuelva de modo efectivo variables tan complejas no es viable (aunque este reconocimiento siempre debe hacerse explícito, junto con un análisis de sensibilidad de los resultados de la simulación respecto a las variables exógenas más importantes).

Una vez *formulado*, el modelo debe “alinearse” con una realidad económica específica que, en nuestro caso, corresponde con la economía española de principios del siglo XXI. Esto se logra asignando valores a los parámetros, condiciones iniciales y variables exógenas del modelo. Algunos de estos elementos del modelo tienen contrapartidas evidentes en la economía objetivo mientras que para otros es preciso acudir a mecanismos de prueba-y-error de la solución del modelo para comprobar su adecuación. Como ejemplo de los primeros podemos citar los componentes de la fórmula de pensiones o las normativas de topes legales en pensiones y cotizaciones. Como ejemplo de los segundos podemos citar los parámetros de preferencias de los agentes o de la función de producción, que controlan los procesos agregados de ahorro, acumulación de capital y formación del PIB. La extensión de la sección 3 (dedicada fundamentalmente a repasar la calibración del modelo) da testimonio del esfuerzo que realizamos

---

<sup>11</sup> Como discutimos en la Sección 3, el modelo se cierra cuando el tipo impositivo sobre las rentas genera una recaudación fiscal igual a la suma de gastos y transferencias públicas (incluyendo una trayectoria explícita para la deuda pública). El equilibrio incluye, por tanto, el respeto a las restricciones presupuestarias de los hogares (en el ciclo vital) y del Sector Público (año a año).

para asegurar un emparejamiento adecuado del modelo teórico y la economía que quiere representar.

### **Esquema temporal de la simulación: fases de prueba y proyección**

La estructura temporal del cálculo incluye dos fases claramente diferenciadas: un “**período de prueba**” y una fase de **proyección futura**. En el “**período de prueba**”, correspondiente al intervalo 2001/2019 en nuestro caso, las variables endógenas del modelo tienen contrapartidas empíricas observables. Esto nos permite testar la adecuación de la estructura plenamente especificada del modelo y la realidad de referencia. Sólo procedemos a la fase de proyección futura del modelo cuando las variables endógenas del mismo (PIB, gasto en pensiones, recaudación impositiva, etc.) han demostrado un comportamiento adecuado en este intervalo inicial. En la fase de **proyección futura** el modelo toma sus variables exógenas de una fuente explícita y construye endógenamente las sendas del gasto en pensiones, PIB, ahorro, etc. En el experimento de eliminación del IRP y el FS del documento Sánchez-Martín (2023b) utilizaremos las últimas proyecciones para España del AWG como fuente para los procesos exógenos.

#### **2.2.3. ¿Merece la pena implementar el modelo de equilibrio?**

La sencillez conceptual y la posibilidad de “testar” el modelo en la fase previa a la proyección son claras ventajas de esta forma de modelización. Además, la estructura de equilibrio incorpora de modo automático los “feedback effects” generados por una política (la reacción de comportamiento de los agentes a los cambios introducidos) y permite un análisis rudimentario del impacto sobre el bienestar tanto *intra* como *entre* generaciones. Como ejemplo, un aumento en la generosidad de las pensiones produce respuestas en la edad de jubilación y en el nivel de ahorro, además de aumentos de impuestos, que también generan su respuesta de comportamiento. Estos cambios alteran los perfiles de *consumo* de ciclo vital de los agentes, de modo que es posible discutir su efecto neto sobre el bienestar de las diversas cohortes afectadas.

Como no puede ser de otro modo, estas ventajas llevan aparejados costes importantes que es preciso tener presentes:

1. Reproducir de modo realista las instituciones tiene elevados costes de programación, calibración y solución.
2. Una de las tareas del proceso de calibración es evaluar la simplificación en los aspectos no esenciales del modelo, pero éstos son fuente de continua confusión. Es habitual oír quejas derivadas de la falta de realidad de estos mecanismos secundarios.<sup>12</sup> En nuestra opinión, estas críticas tienen cierto fundamento, pero resultan excesivas (especialmente cuando se usan para descalificar de modo global el ejercicio de proyección). La operatividad del modelo siempre exige simplificar en los aspectos menos fundamentales *para la pregunta objeto del trabajo*. En concreto, las cuestiones de comportamiento y formación de precios son aspectos

---

<sup>12</sup> Se discute, por ejemplo, la representación de los comportamientos de ahorro y consumo como solución de un problema de elección de ciclo vital, o la determinación del tipo de interés por la productividad marginal del capital.



relevantes, pero de segundo orden para determinar el gasto agregado en pensiones. En esta aplicación, el modelo no se entiende en la literalidad que puede darse en trabajos más puramente académicos sino, fundamentalmente, como una *herramienta que garantiza la coherencia contable* del experimento. Y con esta perspectiva nos parece razonable darnos por satisfechos si los procesos endógenos del modelo reproducen razonablemente bien a sus contrapartidas empíricas en la fase de prueba.

Nuestro balance de los costes y beneficios de la modelización de equilibrio es, en conjunto, positivo.<sup>13</sup> Pensamos que un modelo ME específicamente diseñado y calibrado para responder a una cuestión bien definida (la evolución del gasto agregado en pensiones) cumple con los principios de utilidad de la enumeración de la Sección 2.1: el modelo reproduce la normativa relevante (evitando caer en las simplificaciones excesivas del punto (ii)), su lógica interna es sencilla y fundamentalmente correcta (punto (iii)) y sus elementos exógenos son plenamente visibles y evaluables mediante análisis de sensibilidad (punto (iv)).

### **2.3. Breve historia del desarrollo del modelo MSSP-OLG: de v0 a v2**

El modelo de equilibrio en torno al que se articula este proyecto ha crecido y evolucionado progresivamente desde su primera versión, materializada en el capítulo final de la tesis doctoral del autor, Sánchez-Martín (2002). Desde entonces el modelo ha experimentado tres fases de evolución (versiones v0, v1 y v2) que repasamos brevemente a continuación.<sup>14</sup>

#### **MSSP.v0 : origen del modelo.**

El modelo da sus primeros pasos con el capítulo de tesis antes citado y con su publicación en *Economic Modelling*, (Sánchez-Martín, 2010). Esta primera fase ya presenta muchos de los rasgos básicos presentes en su forma actual. Tiene un marcado sabor “académico”, apreciable en una modelización institucional más estilizada, hogares puramente individuales, endogeneidad de los perfiles de horas trabajadas (en algunas de las versiones) y una reproducción muy básica de la heterogeneidad de los agentes.<sup>15</sup> Aun así, puede argumentarse que las versiones siguientes son sólo una evolución/mejora de esta primera modelización, y que no suponen cambios radicales respecto de la estructura ya presente en esta versión, v0. Su crítica principal se encontraría en su excesiva sencillez, que impide que

---

<sup>13</sup> Algunos de los costes se distribuyen a lo largo del proceso de desarrollo del modelo. Como pone de relieve la sección siguiente, en nuestro caso este período se ha extendido durante años.

<sup>14</sup> La Sección 3.7 de Sánchez-Martín (2017a) revisa con más detalle el contenido de las tres primeras fases del modelo.

<sup>15</sup> Los modelos de equilibrio general aplicado experimentaron un notable desarrollo durante la segunda mitad de los años 90. Desarrollados a partir de las teorías de “ciclo económico real”, estos modelos se aplicaron a una gran variedad de cuestiones en macroeconomía, finanzas públicas y otras áreas (ver, por ejemplo, De-Nardi et al. (2001) o Fehr (2009)). Paradójicamente, el desarrollo de herramientas de solución estandarizadas para el modelo de agente de vida infinita redujeron, en los años siguientes, el atractivo de los modelos de generaciones solapadas (cuyos costes de computación son mucho mayores).

sus resultados puedan ser tomados como proyecciones cuantitativas precisas para la economía española.

#### **MSSP.v1** : conversión a decisores familiares y heterogeneidad en la jubilación

La primera gran extensión de la estructura básica del modelo se centra en los agentes decisores, que pasan a tener una estructura familiar bien definida, y en un aumento sustancial de la heterogeneidad *ex ante* en preferencias. La integración de los individuos en hogares familiares es fundamental para reproducir correctamente la evolución de su renta en el ciclo vital (con la formación de las pensiones de viudedad en respuesta al riesgo de mortalidad). La inclusión de heterogeneidad en preferencias por el ocio, por su parte, permite una mejor reproducción de las distribuciones de la edad de jubilación y de los ingresos durante la fase de vejez.<sup>16</sup> El desarrollo metodológico de la inclusión de hogares como decisores se publicó en Sánchez-Martín y Sánchez-Marcos (2010). La extensión de la heterogeneidad de preferencias se publicó en el documento de trabajo del Banco de España Sánchez-Martín (2014), en el marco de una primera exploración de los efectos de la propuesta de reforma de pensiones de 2013.

#### **MSSP.v2** : Expansión del detalle institucional y mejoras metodológicas

La tercera fase del desarrollo del modelo se produce en el contexto de una primera colaboración con Angel de la Fuente y Miguel A. García en FEDEA para estudiar los efectos de la reforma de pensiones de 2013 y sus posibles mejoras. Sobre la estructura de la versión v1 del modelo se realiza un esfuerzo de calibración mucho más intenso, que permite una identificación más ajustada de los resultados del modelo con los diversos componentes de pensiones del mundo real. Así:

1. Se mejora la reproducción de la normativa de pensiones de la Seguridad Social (reglas de cálculo y series temporales de “topes” de pensiones), modelizando por separado las pensiones de jubilación, viudedad y *Otras pensiones* (incapacidad permanente y orfandad y favor familiar).
2. Se introduce una modelización dinámica del Régimen de Clases Pasivas, RCP.
3. Se flexibilizan los parámetros macro del modelo para mejorar la reproducción de los agregados.

Equipados con estas mejoras es posible utilizar el intervalo 2001/2014 como un **período de pruebas** efectivo de la calidad de la modelización. Además, se utiliza por primera vez un objetivo explícito para la fase de proyección (las series temporales para España del AWG-2015), de modo que mejora la transparencia respecto de los procesos exógenos incorporados al modelo.

---

<sup>16</sup> A nivel técnico, esta mejora en la heterogeneidad fue importante para lograr una mayor estabilidad en el algoritmo de solución. En el modelo con una única edad de jubilación (por nivel educativo) podían producirse cambios discontinuos en los agregados en respuesta a pequeñas modificaciones en los parámetros o condiciones iniciales del modelo.

Estos desarrollos metodológicos se recogen pormenorizadamente en Sánchez-Martín (2017a). El modelo se ha aplicado a una variedad de cálculos, centrados en explorar las consecuencias fiscales de relajar/eliminar la reforma de pensiones de 2013?. Las primeras publicaciones destacan por un extensivo análisis de sensibilidad de los resultados a los procesos exógenos (Sánchez-Martín (2017b) o el informe de FEDEA en de la Fuente et al. (2017)), con especial atención a las consecuencias de los cambios migratorios (de la Fuente et al. (2019)). Las publicaciones más recientes (de la Fuente et al. (2020), de la Fuente et al. (2021)) son respuesta a la creciente determinación gubernamental para abolir la reforma de 2013 sin introducir medidas que garanticen la sostenibilidad financiera del sistema.

### **MSSP.v3 : Mejoras metodológicas para estudiar la contra-reforma de 2021/2023**

El presente proyecto representa el último esfuerzo por mejorar metodológicamente el proceso de cambio institucional, aplicado en este caso al análisis de la contra-reforma de pensiones de 2021-2023. Dedicaremos la Sección 4 a describir los cambios estructurales introducidos respecto de la versión v2 del modelo, así como las mejoras en y la actualización de la calibración del mismo.

## **3. Descripción detallada del modelo versión v2**

El modelo de cálculo del gasto en pensiones implementado en este trabajo es un modelo de equilibrio general del tipo de “generaciones solapadas”. Como modelo *de equilibrio* se caracteriza por formar endógenamente los precios de la economía y las respuestas de comportamiento de los agentes. Como modelo de *generaciones solapadas* se caracteriza por que los agentes decisores del modelo tienen vida finita. Este tipo de modelos fue introducido en macroeconomía en los trabajos clásicos de Samuelson (1958) y Diamond (1965). Su extensión para trabajos aplicados se debe fundamentalmente a Auerbach and Kotlikoff (1987). De-Nardi et al. (2001) es un buen resumen de la aplicación de estos modelos a estudios sobre el ahorro y la reforma de pensiones. Hay múltiples ejemplos de la aplicación de estos modelos a la economía española (ver, por ejemplo, las referencias en la Sección 4.3 de Sánchez-Martín (2002) o en la Sección 2 de Sánchez-Martín (2017a)). En esta Sección repasamos la estructura y tipo de variables del modelo (Sección 3.1), la técnica de solución (Sección 3.2), y revisamos por áreas temáticas (demografía/macro/mercado de trabajo/pensiones) la construcción de las variables endógenas y otros elementos del modelo (Sección 3.3).

### **3.1. Estructura del modelo y tipos de variables**

La estructura general del modelo es conceptualmente sencilla: una economía artificial poblada por hogares que interactúan en los mercados de bienes y de trabajo, bajo la supervisión del Sector Público. Los hogares generan rentas prestando parte de su tiempo a las empresas, pagan impuestos para financiar la producción de bienes públicos y transferencias y pagan cotizaciones sociales para financiar el sistema público de pensiones. En cada instante coexisten personas de 80 cohortes distintas (suponemos que la personas aparecen en el modelo a los 20 años) y dentro de

cada cohorte tenemos personas que difieren en sexo, educación y preferencias por el ocio. Las personas se agrupan en hogares donde toman decisiones coordinadas de jubilación y ahorro/consumo (utilizando el capital productivo de la economía como activo financiero).

Las próximas secciones aportan mucho más detalle sobre la estructura del modelo: la Sección 3.2 al revisar el algoritmo de solución, y los cuatro apartados que conforman la Sección 3.3 al revisar la calibración y la construcción de las variables internas del modelo. Antes de entrar en los detalles es importante comprender los distintos tipos de variables que conforman el modelo. Las variables asociadas a los conceptos básicos del trabajo (como el gasto agregado en pensiones, el PIB o la recaudación impositiva) son *endógenas*, es decir, calculadas internamente en el modelo. Estas variables son resultado directo de nuestras decisiones al formular el modelo y alinearlo con la realidad objetivo (la España de la primera mitad del S. XXI). Para generar estas variables es preciso aportar valores concretos a los *parámetros (PAR)* de las instituciones o de las funciones de comportamiento utilizadas en el modelo (como los parámetros del sistema de pensiones o de las funciones de utilidad de los hogares). Tal y como hemos discutido en la Sección 2.2, hay un grupo amplio de variables *exógenas* que se toman de fuera del modelo y que condicionan las soluciones obtenidas para las variables endógenas. En los Cuadros del resto de la sección las indicamos por *EX*. Pueden ser de dos tipos: *condiciones iniciales, CI*, y *series proyectadas, SP*, dependiendo de si sus valores son observables en el momento en el que se produce el cambio inesperado de política que es objeto del trabajo (2020 en este caso).<sup>17</sup> Las *CI* se toman directamente de los datos, mientras que las *SP* las tomamos de alguna proyección oficial de referencia (las proyecciones del AWG2021) en nuestro caso.

Junto a las variables puramente exógenas/endógenas construimos en el modelo un tipo híbrido: las *variables endógenas controladas*. Se trata de variables generadas en el modelo (ie, endógenas), pero que son objeto explícito de calibración. En este caso, se fijan los valores de determinados parámetros o variables exógenas de tal modo que la realización de la variable internamente en el modelo sea lo más próxima posible a un objetivo explícito de calibración. El PIB, entre las variables macro, es el mejor ejemplo de este tipo de variables.

### 3.2. Técnica de solución

El Cuadro 2 ilustra el mecanismo de solución del modelo mediante la representación de una iteración típica en el proceso de solución.

---

<sup>17</sup> Con la evolución del modelo algunos parámetros se han convertido en variables exógenas de tipo CI durante la fase previa al cambio institucional. El coeficiente del trabajo en la función de producción es un ejemplo: durante la mayor parte de la vida del modelo se ha tratado como un valor constante durante toda la simulación, calibrado por el peso medio de la renta del trabajo en el PIB. Desde la versión v2, sin embargo, se ha reflejado el cambio en la serie temporal de esta magnitud entre 2001 y 2019.

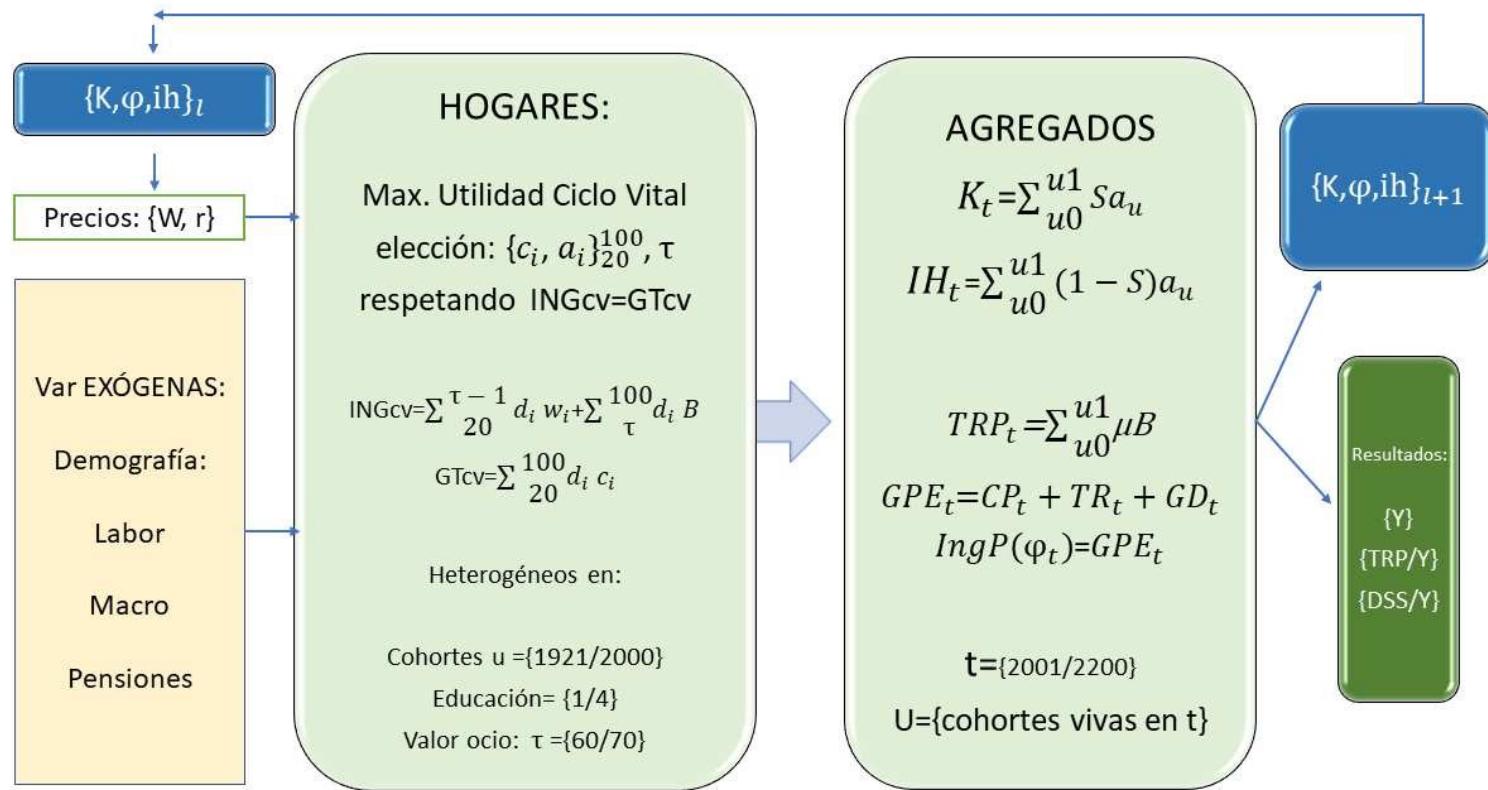


Figura 2: Diagrama de funcionamiento del modelo (l-esima iteración de equilibrio). Notación: las variables entre corchetes son series en el tiempo, edad o cohorte;  $K$  = stock de capital,  $\varphi$  = tipo impositivo,  $IH$  = Ingresos por herencias,  $w$  = salario,  $r$  = tipo de interés,  $c$  = consumo,  $a$  = riqueza en activos privados,  $B$  = pensión,  $\tau$  = edad de jubilación,  $d$  = factor de descuento,  $S$  = supervivencia,  $\mu$  = peso poblacional,  $TRP$  = Transferencias de pensiones,  $CP$  = Consumo público,  $GPE$  = Gasto público extendido,  $BI$  = Base Imponible,  $Y$  = PIB,  $DSS$  = Déficit de Seguridad Social.

A continuación enumeramos los distintos pasos por los que transita el modelo en una iteración típica:<sup>18</sup>

1. Comenzando en la esquina superior izquierda del Cuadro, el proceso comienza con una conjetura sobre la senda temporal de las *variables de estado* de la economía:  $\{K_t, \varphi_t, IH_t\}$ .<sup>19</sup> Todas las otras variables endógenas del modelo se derivan a partir de estas, de las variables exógenas, de reglas de comportamiento de los agentes y de las identidades contables del modelo.
2. Las primeras variables endógenas calculadas son las series temporales completas de los precios de los factores productivos capital y trabajo (a los que suponemos se igualan las productividades marginales de los inputs).
3. A la vista de estas series y suponiendo un conocimiento correcto del entorno institucional (norma de pensiones y otras transferencias públicas, cotizaciones e impuestos), las familias evalúan sus ingresos laborales y de pensiones (netos de impuestos) para cada posible edad de jubilación (entre una edad mínima determinada por la Seguridad Social y 70 años). Con esta información deciden su edad óptima de jubilación,  $\tau$ , y el reparto de la renta resultante como consumo/ahorro a lo largo del ciclo vital.<sup>20</sup> Esta decisión no es recursiva, ya que el avance de la simulación no revela nueva información relevante para los hogares.<sup>21</sup> La decisión debe respetar la restricción presupuestaria intertemporal de los hogares: la suma (descontada con la serie de tipos de interés futuros) de sus ingresos de ciclo vital debe igualar a la suma descontada de sus gastos. Suponemos que no se dejan herencias voluntarias.

Hogares con diferentes características toman decisiones diferentes. Los hogares difieren en su educación (que determina su capacidad de generar ingresos), en su preferencia por el ocio (que condiciona fuertemente su edad de jubilación) y, por supuesto, en su cohorte de nacimiento. Esto crea un notable grado de heterogeneidad entre los agentes del modelo en

---

<sup>18</sup> En realidad, para calcular numéricamente el equilibrio es preciso resolver una versión “estacionario” del modelo, que se construye deflactando las variables de crecimiento técnico y poblacional (es decir, en *unidades de trabajo eficiente* o *ute*). Los agregados se construyen dividiendo por la cantidad de trabajo  $L^t = A^t H^t$ , que combina las horas trabajadas con el índice de productividad del trabajo en el instante considerado. Así, por ejemplo, el PIB “observable”,  $Y^t$  se recupera del PIB calculado en el modelo  $\tilde{y}^t$  multiplicándolo por las series exógenas de cantidad de horas y nivel de productividad  $Y^t = y L^t$ . Las variables individuales sólo se deflactan por el índice de estado tecnológico,  $A^t$ . En lo que sigue se presenta la versión con variables convencionales para hacer más sencilla la comprensión del modelo. Por la misma razón omitimos, en lo que sigue, los subíndices temporales o de otro tipo siempre que sea posible.

<sup>19</sup> Usamos los corchetes para representar las series temporales durante el intervalo de simulación  $[t_0, T]$ . El contador  $l$  indica que nos encontramos en la  $l$ -ésima iteración en el bucle de cálculo de la solución.

<sup>20</sup> La Sección 3.2 de Sánchez-Martín (2017a) discute con detalle la construcción y características de los hogares decisores. Formalmente, las decisiones se obtienen maximizando una función de utilidad de ciclo vital con las propiedades de monotonía y convexidad habituales.

<sup>21</sup> La única fuente de incertidumbre (la supervivencia personal de los cónyuges del hogar) se interioriza dentro de los agentes decisores de cada cohorte.

edad de jubilación y niveles de ingresos y riqueza privada acumulada en cada instante de tiempo.

4. Las variables agregadas del modelo se construyen a partir de las series de consumo/ahorro y la edad de jubilación de los hogares. Esta agregación sólo es posible una vez determinado el peso poblacional de cada agente en cada instante del modelo,  $\mu_j^t$ , que se calcula a partir de la composición demográfica y educativa de la población (incorporadas de modo exógeno al mismo). Por ejemplo, las transferencias totales de pensiones en un instante  $t$  se obtienen sumando los ingresos de pensiones de todas las cohortes de jubilados en  $t$ :  $TRp^t = \sum_j \mu_j^t B_j^t$ . Las otras variables de la restricción presupuestaria pública también se construyen a partir de los resultados de los hogares y de algunas variables exógenas indicativas del comportamiento del Sector Público (por ejemplo, el consumo público y la trayectoria de la Deuda Pública en proporción del PIB)<sup>22</sup>

Como muestra el Cuadro 2, la *variable de estado*  $\varphi$  se construye calculando el tipo impositivo que aplicado a la Base Imponible agregada genera recursos equivalentes al Gasto Público Extendido (definido en la ecuación (2)). Las otras *variables de estado* de la economía (el capital agregado y los ingresos del gobierno por herencias involuntarias) se obtienen de modo similar. Se ha alcanzado, por tanto, un nuevo valor para el vector de las *variables de estado* del modelo, de modo que podemos volver al punto inicial y proceder a una nueva iteración en el bucle de solución del modelo.

5. El *equilibrio* en el modelo se alcanza como *punto fijo* del proceso antes descrito. Implica que el comportamiento óptimo dada una conjetura para las *variables de estado* genera endógenamente el mismo valor de éstas. Las hipótesis de los hogares se ven, por tanto, confirmadas, con lo que el comportamiento individual y agregado se estabiliza. Típicamente, la igualdad entre las iteraciones  $l$  y  $l + 1$  sólo se alcanza asintóticamente, de modo que se aplica un criterio numérico a la distancia entre los vectores de estado ( $\|\{x\}_{l+1} - \{x\}_l\| < \rho$ ) para detener la iteración.<sup>23</sup>

### 3.3. Áreas de modelización

En las siguientes cuatro secciones revisamos las 4 áreas temáticas fundamentales del modelo: Demografía, Macro, Mercado de trabajo y Sistema de Pensiones. En cada una revisamos los distintos tipos de variables del modelo. Los Cuadros se centran en las variables exógenas y parámetros (incluyendo las fuentes utilizadas para su calibración), mientras que las explicaciones

---

<sup>22</sup> Estas reglas no son neutrales, ya que responden a las preferencias del “gobierno” en el tratamiento de las distintas cohortes. Típicamente muestran un sesgo a favor de la cohortes vivas o con mayor peso electoral.

<sup>23</sup> La literatura académica de modelos OLG ha probado que modelos que respetan unos rasgos estructurales básicos convergen al equilibrio a partir de un conjunto razonable de condiciones iniciales.

desarrolladas en el texto aportan los detalles de construcción de las variables endógenas del modelo.

### 3.3.1. Parámetros y variables demográficas

En nuestra simulación, las variables demográficas tienen carácter exógeno. El Cuadro 1 recoge el origen de las variables utilizadas, tanto en forma de *condiciones iniciales* (valores anteriores a 2020) como de *series proyectadas* hacia el futuro. En particular, dos variables demográficas son fundamentales para la resolución del modelo: la distribución de la población desagregada por cohorte/edad/educación,  $\{\mu\}^t$ , y las probabilidades condicionadas de supervivencia por edad, cohorte y sexo,  $\{hs\}^t$ . Para calcularlas seguimos la siguiente estrategia de calibración:

- En el intervalo observado (2001 a 2019) utilizamos los valores reales proporcionados por las estadísticas demográficas del INE:

Para la distribución poblacional  $\{\mu\}^t$  usamos la serie temporal de las cifras de población por edades del INE y la distribución de la población por educación de la Encuesta de Condiciones de Vida, ECV.<sup>24</sup> Para las tasas de supervivencia por edad (condicionadas y absolutas,  $\{hs\}^t$  y  $\{S\}^t$ ), combinamos las series temporales de fallecimientos por edad del INE con la serie de población por edades. Ambas se derivan fácilmente de las probabilidades condicionadas de fallecer,  $\{hm\}^t$  así construidas.

- El intervalo de proyección también se divide en dos partes. Entre 2020 y 2100 utilizamos las últimas proyecciones para España del AWG, European-Commission (2020), que se generan utilizando la proyección demográfica EUROPOP2019 de Eurostat (publicada en abril de 2020).

Como indicamos en el Cuadro 1, el modelo toma la distribución de la población por edades y las tasas de mortalidad por edades del AWG2021 y ajusta las cifras de nacimientos, defunciones y flujos migratorios netos en consecuencia.

De 2100 en adelante se resuelve un modelo demográfico (similar al usado en la versión v2 del modelo y descrito en, por ejemplo, la Sección 4 de Sánchez-Martín (2017b)). Este modelo se simula manteniendo invariables los supuestos de largo plazo del AWG2021.

A partir de la información demográfica básica (en la parte superior del Cuadro 1) se construyen las series indicativas de la evolución de los procesos demográficos: el ICF (indicador coyuntural de fertilidad, que mide el número medio de hijos por mujer), la EV (esperanza de vida al nacer) y los flujos netos de inmigración, F. El Cuadro 1 incluye cifras ilustrativas de los valores implementados.

---

<sup>24</sup> La sección 4.2.1 de Sánchez-Martín (2017a) detalla la construcción de la variable de educación del modelo.



<b>Variables demográficas</b>		
Variable Exógena	fase	origen/objetivo
Tasas de mortalidad $\{hm\}^t$ por sexo, cohorte	2001/2019 2020/2070	Cifras de población y fallecidos INE ratio fallecidos/población AWG2021
Distribución población $\{\mu\}^t$ por edad y cohorte	2001/2019 2020/...	Datos de población INE cifras proyectadas en AWG2021
Distribución por educación $\{v\}^t$ por cohorte y sexo	2001/2014 2014/...	ECV (ver WP2017, sec 4.2.1) constante salvo reemplazo generacional
<b>Series temporales derivadas (fase de proyección)</b>		
Hijos por mujer $\{ICF\}^t$	2019 → 2070	1.27 → 1.49
Esperanza de vida al nacer $\{EV\}^t$	2019 → 2070	81.2 → 87.1 (varones) 86.8 → 91.4 (mujeres)
Inmigración Neta $\{F\}^t$	2019 a partir 2030	0.9% de la población $\approx$ 440k 0.4% de la población $\approx$ 200k
Población Total $\{P\}^t$	2019/2040/2070	47.1 → 49.4 → 47 millones

*Cuadro 1:* Cuadro de **variables** exógenas **demográficas**. Notación: total; ECV= Encuesta de Condiciones de Vida. AWP2021= European Commission (2020), WP2017 = documento de trabajo de FEDEA Sánchez Martín (2017). ICF=Indicador Coyuntural de Fecundidad, EV=Esperanza de vida al nacer, F=Cifra del flujo inmigratorio agregado neto.

### 3.3.2. Parámetros y variables macroeconómicas

El Cuadro 2 reproduce los principales parámetros utilizados en la construcción de variables macroeconómicas, así como las variables de este tipo que el modelo toma del exterior (tanto *condiciones iniciales* como variables exógenas durante la fase de proyección). Al tiempo, el modelo genera endógenamente un buen número de variables agregadas mediante la aplicación de diversos procedimientos:

- Por agregación del comportamiento de los hogares se construyen los stocks de capital  $\{K\}^t$ , y trabajo *eficiente*,  $\{L\}^t$ , la base imponible del impuesto sobre las rentas,  $\{BI\}^t$  y la recaudación del impuesto sobre las herencias,  $\{H\}^t$ .
- Aplicando una función de producción clásica se obtiene el PIB,  $\{Y\}^t$ .
- Aplicando la teoría neoclásica de retribución de los factores generamos el salario,  $\{w\}^t$  y el tipo de interés del ahorro privado,  $\{r\}^t$ .
- Aplicando identidades contables como, por ejemplo, en la obtención del tipo del impuesto sobre las rentas,  $\{\varphi\}^t$ , a partir del cumplimiento de la restricción presupuestaria intertemporal pública.

Todas las variables así construidas son puramente endógenas, con la excepción del PIB, que es una *variable endógena controlada* a través de la calibración ex-ante de la serie de productividad del trabajo,  $\{\rho\}^t$ . A continuación comentamos algunos detalles sobre los procedimientos de calibración/construcción de las más importantes: el capital agregado, el PIB, los precios y el tipo impositivo de equilibrio. Omitimos los subíndices de las variables para aliviar la notación.

- El **stock de capital agregado**,  $K$ , se construye por agregación de los perfiles de ahorro de ciclo vital elegidos por los hogares del modelo (junto con el proceso de depreciación física del capital preexistente). En consecuencia, está determinado por la condición inicial en la distribución de la riqueza entre los hogares,  $\{a^0\}$ , por el grado de impaciencia temporal de los mismos,  $\beta$ , y por la serie temporal de las tasas de depreciación  $\delta$ . Todos estos parámetros/series exógenas se presentan en el Cuadro 2, pero el lector interesado puede encontrar una discusión detallada del procedimiento de calibración de  $K$  y de su capacidad de reproducir los datos observados en el caso de España en la sección 4.7.2 de SánchezMartín (2017a).
- El **PIB real**,  $Y$ , se obtiene a partir de una función de producción con rendimientos constantes de escala que opera sobre los agregados de capital y trabajo *eficiente* de la economía  $Y = F(K,L)$ . El agregado de trabajo,  $L$ , se obtiene combinando un índice del estado tecnológico de la economía y la suma ponderada de las horas trabajadas por los agentes del modelo  $L = AH$ .  $A$  crece exógenamente a una tasa  $\rho$ , de modo que el PIB se genera combinando variables puramente exógenas como  $\rho$  y  $L$  con una variable endógena “autónoma”,  $K$ .<sup>25</sup> En la última versión utilizamos esta productividad exógena,  $\rho$  para alinear el PIB generado por el modelo con el observado en los datos y con un PIB objetivo para el intervalo de proyección futura de la simulación. En particular, se ha usado (en conjunción con reducciones en el empleo

---

<sup>25</sup> Técnicamente, el modelo incorpora un crecimiento tecnológico exógeno de Harrod o “ahorrador de trabajo” que mejora continuamente la productividad del tiempo de los agentes dedicado a actividad laboral.

Variables exógenas macroeconómicas y parámetros			
Variable	tipo	fase	origen/objetivo
Tasa $\rho$ de progreso técnico exógeno	EX	2001/2014 2014/2019 2021/...	calibrada a la serie $\bar{w}/w$ (ref:DFea2017) calibrada a la serie de PIB de CN (INE) calibrada a proyección Y de AWG2021
Tasa de inflación, $\pi$	EX	2001/2019 2021/...	calibrada a la serie de inflación del Deflactor del PIB de CN (INE) usa supuesto AWG2021: 2% desde 2024
Peso renta del trabajo en la renta Nacional, $\theta$	PAR	2001/2019 2020/...	calibrada a datos en DF2015 Fija en 53%
Tasa descuento intertemporal, $\beta$	PAR	2001/2019 2020/...	calibrada al ratio K/Y (BBVA) Fijo en 1.5%
Distribución K inicial	CI	2001	calibrada datos de EFF 2002 (ref:WP2017)
Ratio Deuda PIB D/Y	EX	2001/2019 2020/...	calibrada a RyEP CN INE Senda $\rightarrow$ 75% en 2060
Tipo de interés Deuda Pública, $r_D$	EX	2001/2019 2020/...	calibra gto intereses/PIB Eurostat Senda 2% $\rightarrow$ 2.5%
Consumo Público/Y $c_{pcal}$	EX	2001/2019 2020/...	$cp + TR_{NP}$ CN INE Senda 33.5 $\rightarrow$ 28% (aprox. valor 2019)

*Cuadro 2:* Cuadro de **parámetros y macro-variables** exógenas. *Notación:* EX= variable exógena, PAR=parámetro, CI=condición inicial, “calibrada a” equivale a “calibrada para reproducir”;  $w$ = salario,  $\bar{w}$ = salario medio, DFea2017= De la Fuente at al (2017) ; Y=PIB real, CN=Contabilidad Nacional, DF2015= De la Fuente (2015), K= stock de capital agregado, EFF= Encuesta Financiera de las Familias del Banco de España, WP2017 = sección 4.7.2 de Sánchez Martín (2017), D=Deuda Pública, RyEP CN= serie de Recursos y Empleos públicos de CN ,  $c_{pcal}=cp + TR_{NP}$  = consumo público + Transferencias no de pensiones.  $\rightarrow$  indica convergencia a un cierto valor.

agregado) para representar la caída del PIB observada durante el shock covid.<sup>26</sup> En la senda futura de simulación tomamos como objetivo la reproducción de la serie de PIB real del AWG2021, y comprobamos que la serie  $\rho$  que logra este objetivo está bien alineada con la serie homóloga de productividad postulada en la simulación europea<sup>27</sup>. En conjunto, el crecimiento medio anual del PIB real en el intervalo 2020/2070 es del 1.7%. Está liderado por las mejoras en la productividad/eficiencia de una economía que envejece y cuyo uso agregado de factores productivos tiene tendencia decreciente.

- Los **precios** del modelo se forman endógenamente aplicando la (notablemente sencilla) teoría neoclásica de la distribución: el tipo de interés,  $r$ , como la productividad marginal del capital neta de depreciación y los salarios por *unidad de trabajo eficiente*,  $w$ , como el resto de la renta nacional que no se reparte como renta del capital. En esta economía es posible controlar la distribución primaria de la renta de modo sencillo utilizando los parámetros de la función de producción.<sup>28</sup> El peso del factor trabajo ha experimentado una caída en el intervalo observado de calibración desde un 58% al inicio de la simulación hasta un valor próximo al 53% (que mantenemos constante en el tramo de proyección).

La serie temporal de salarios es un determinante importante en la formación de la pensión y, como hemos indicado en la nota al pie 24, ha tenido un papel de cierto protagonismo en el comportamiento histórico de la serie del gasto en pensiones. Por esta razón, en la calibración de 2014 se trató la remuneración salarial como una *variable endógena controlada* (utilizando la senda exógena de productividad,  $\rho$ ). La sección 4.7.1 en Sánchez-Martín (2017a) describe el procedimiento, que en la simulación actual se mantiene hasta el año 2014.

#### ■ Gasto Público y tipo impositivo $\varphi$ .

El modelo reproduce el comportamiento de la restricción presupuestaria intertemporal del sector público tanto en el tramo observado como en la fase de proyección. La técnica de calibración que aplicamos difiere en algunos aspectos de la utilizada en 2014 (sección 4.6 de Sánchez-Martín (2017a)), por lo que la presentamos aquí de modo resumido.

---

<sup>26</sup> Es importante indicar que en la calibración usada en la versión v2 del modelo  $\rho$  se utilizó para reproducir la dinámica salarial (evaluada por el ratio del salario a su media móvil de los 30 años precedentes). Las secciones 4.7.1 y 4.7.3 de Sánchez-Martín (2017a) explican este procedimiento en detalle. En el informe de pensiones De La Fuente et al. (2017) o en la Sección 4.5.4 de Sánchez-Martín (2017a) se documenta la importancia del comportamiento relativo del salario frente a su media móvil (proxy de la base reguladora) para reproducir la evolución observada del ratio pensión media/salario medio. Ese ratio se reveló, durante el intervalo histórico previo a 2015, como un determinante importante de la *salud financiera* del Sistema de Pensiones.

<sup>27</sup> En el modelo,  $\rho$  crece a una tasa algo mayor que en la simulación del AWG en el tramo central de la misma -entorno a 2050-, alcanzando un valor máximo del 2% de crecimiento frente al 1.8% del AWG, y decae algo más rápidamente en la fase final

<sup>28</sup> En la función de producción Cobb-Douglas  $Y = K^\xi L^\theta$  hay una relación unívoca entre el peso de la renta del capital (remunerado por su productividad marginal) y el coeficiente  $\xi$  del mismo en  $F(K,L)$ . Bajo rendimientos constantes de escala el peso del factor trabajo es  $\theta = 1 - \xi$ .

En cada instante de tiempo es preciso que los gastos e ingresos públicos, ( $GPE$  e  $IngP$ ), entendidos en un sentido amplio que incluye la emisión de la Deuda Pública, sean equivalentes:

$$GPE^t = IngP^t(\varphi^t) \quad (2)$$

En el modelo, esta equivalencia se consigue por el lado de los ingresos fiscales, dejando que el tipo impositivo anual  $\varphi^t$  se ajuste en cada instante para que la recaudación fiscal se iguale a  $GPE^t$ . Los dos lados de la ecuación presupuestaria se construyen como sigue:

- La variable  $GPE$  es una **versión extendida del gasto público** tradicional (consumo público, CP, transferencias, TR, e intereses de la Deuda Pública,  $r_d D$ ) que añade los recursos generados (o demandados) por la emisión/amortización de Deuda Pública,  $D$ . La idea es que  $GPE$  refleje los recursos reales que el sector público debe generar, en cada momento, de las fuentes fiscales interiores (impuestos y cotizaciones).<sup>29</sup> En situaciones de crisis, como en 2008 o 2020, el sector público puede aumentar su gasto sin generar una mayor presión fiscal mediante la emisión de deuda pública. Para representar esta posibilidad usamos la variable  $GD$  (Gasto asociado a la Deuda):

$$GD_t = (1 + r_{dt})D_t - D_{t+1}$$

que definimos de tal modo que un mayor recurso a la deuda reduce la necesidad de recaudación fiscal pública:

$$GPE^t \equiv CP^t + TR^t + GD^t$$

En un año “normal”  $GD^t$  toma un valor pequeño y  $GPE^t$  está muy próximo al Gasto Público “habitual”. Esta situación se observa en, por ejemplo, 2019, un año en que  $GD^t$  fue positivo y pequeño (el pago de intereses y la amortización de deuda se situó en torno al 1% del PIB) y la necesidad de financiación pública no se separó mucho del gasto público “normal”, con un  $GPE$  del 40.8%. Con la llegada de la crisis del covid en el año siguiente, el gasto público “normal” subió al 50% del PIB, pero la necesidad fiscal se redujo al 38% gracias a una emisión de deuda muy intensa ( $GD$  fue del -11.8%).<sup>30</sup>

La operativa del modelo trata endógenamente los gastos de pensiones (como vemos en la Sección 3.3.4) y exógenamente los dos componentes de la gestión de deuda (cambio en cantidad neta y pago de interés) y los otros componentes del gasto público (el consumo público y las transferencias no asociadas a pensiones, que agrupamos en una variable de consumo público calibrado  $cpcal^t$ ). La parte inferior del Cuadro 2

---

<sup>29</sup> El modelo simplifica la decisión de cartera de los hogares suponiendo que sólo los extranjeros están en posesión de deuda pública.

<sup>30</sup> El recurso a la emisión de deuda también contribuyó a reducir el peso efectivo del gasto público en más de 10 puntos de PIB en los años más desfavorables de la Gran Recesión de 2008 y la Crisis de Deuda de 2012.

muestra la calibración de estas tres variables, que varía en las fases observadas y de proyección. En la primera el modelo se alinea con las cifras de *empleos y recursos del Sector Público* de la Contabilidad Nacional Trimestral del INE. En el intervalo de proyección, por su parte, hacemos las siguientes hipótesis: para *cpcal* suponemos un retorno bastante rápido (10 años) a valores de consumo público similares a los observados en 2019 (que son muy parecidos a los existentes antes de la Gran Recesión de 2008). Para la evolución del stock de deuda pública suponemos un retorno progresivo a un valor del 75% del PIB en 2060. Para la evolución del gasto asociado a los intereses de la deuda pública suponemos que el entorno de bajos tipos de interés persiste esencialmente durante el resto de la simulación, con un ligero aumento del gasto desde los valores actuales, inferiores al 2% del PIB, hasta alcanzar un 2.5% del PIB en 2040.<sup>31</sup>

- Para construir los **Ingresos Públicos**,  $IngP$ , dividimos los recursos del sector público en tres categorías: ingresos fiscales (que en el modelo se asocian a rentas), cotizaciones sociales e ingresos por la imposición sobre las herencias:

$$IngP^t \equiv INCTax^t + Cot^t + IH^t$$

De modo muy simplificado, suponemos que los ingresos asociados a rentas son una función lineal de las mismas (se extraen aplicando un único tipo impositivo a la base imponible fiscal, formada por todas las rentas del hogar):

$$INCTax^t = \varphi^t BI^t$$

Combinando las dos expresiones anteriores, es fácil calcular el tipo impositivo que garantiza el equilibrio presupuestario conforme a la expresión (2):

$$\varphi^t = (GPE^t - Cot^t + IH^t) / BI^t$$

Todas las variables fiscales son endógenas en el modelo:  $Cot^t$  se obtiene aplicando un tipo contributivo a las bases de cotización de los hogares (tal y como discutimos en la Sección 3.3.4),  $IH$  se obtiene del stock de riqueza de los fallecidos en cada instante, y  $BI^t$  se calcula por agregación de rentas en los hogares individuales.

Como comentario final de esta sección, hay que hacer notar que la inestabilidad macroeconómica de los últimos años (con la intensa variabilidad creada por covid-19 y la crisis

---

<sup>31</sup> Este es uno de los supuestos que se revisará para la simulación de la *contra-reforma* completa de pensiones con la version v3 del modelo. En ese momento actualizaremos las proyecciones del AWG2021 con las últimas tendencias observadas.

de la invasión de Ucrania) ha supuesto un reto complejo de calibración para un modelo sencillo como el nuestro, que no incluye shocks agregados capaces de representar este tipo de eventos.

### 3.3.3. Parámetros y variables de mercado de trabajo

Las variables de mercado de trabajo tienen un papel importante en el comportamiento macroeconómico y en la formación de las pensiones del modelo. Como en secciones previas, nos centramos en la formación de las variables endógenas del modelo, presentando los parámetros y variables exógenas en el Cuadro 3 (que refleja el origen de las variables y los objetivos de calibración implementados).

Comenzando con la macroeconomía, el funcionamiento de este mercado genera dos variables de enorme importancia: la cantidad de *input* trabajo de la economía,  $L$ , y las rentas salariales de los hogares. El trabajo agregado,  $L$ , es un input fundamental de la función de producción con la que generamos el PIB. Se construye a partir de los perfiles de unidades de trabajo eficiente, *utes*, de los hogares (por edad y educación):

$$L_t = \sum_i \sum_j \mu_{ij}^t \varepsilon_{ij}^H \quad j = \{1, \dots, 4\} \quad i = \{20, \dots, 70\}$$

donde  $\mu_{ij}$  es el peso muestral del agente de características  $(i, j)$ , discutido en la Sección 3.3.1.<sup>32</sup> La dotación de trabajo eficiente del hogar  $\rho^{H_{ij}}$  es una combinación de las dotaciones de los cónyuges que lo forman que incluye:

1. La dotación de “unidades de trabajo eficiente” a cada edad,  $\{\rho\}$  o *utes* de cada cónyuge.<sup>33</sup> Su calibración se presenta en el Cuadro 3.
2. Las tasas de empleo de ciclo vital (construidas conforme al procedimiento descrito en la Sección 4.3.4 de Sánchez-Martín (2017a)).<sup>34</sup>
3. Las diferencias en la supervivencia por sexos (Sección 3.3.1).
4. Las decisiones de jubilación, sobre las que comentamos más adelante en esta sección.

Durante la fase de proyección de la simulación, las tasas de actividad y desempleo se calibran siguiendo las pautas del AWG2021 para el intervalo entre 2030 y 2070 (Cuadro 3). La pauta inmediatamente siguiente al “shock” covid19 se calibra reflejando los datos disponibles de estas dos variables (2020 y 2021) y suponiendo una senda suave que converge a los supuestos del AWG2021 en 2030.

---

<sup>32</sup> Al recorrer las posibles edades en  $t$  se recorren todas las cohortes activas en ese año. La relación general entre las tres variables temporales es  $i = t - u + 1$  (la edad  $i$  en el año  $t$  de la cohorte nacida en  $u$  es  $t - u + 1$ ).

<sup>33</sup> Reflejan tanto la productividad como la cantidad de trabajo aportada por el agente en la edad/año considerado (dado su nivel de educación).

<sup>34</sup> Como refleja el Cuadro 3, los *inputs* primarios son las tasas de actividad y desempleo (por edad, educación y sexo), que se reconstruyen para todas las cohortes vivas del modelo.

Variables y parámetros de mercado de trabajo			
Variable	tipo	fase	origen/objetivo
Unid. trabajo eficiente, $\{\varepsilon_i\}$ por edad, sexo y educ	PAR		calibrada a ECV
Población Edad Trabajar por coh, educ, sexo	EXO	hasta 2019 desde 2020	Datos (ref:WP2017, sec 4.2.3) supuesto AWG2021 $Pet^{2020} = 22.6 \rightarrow Pet^{2070} = 19,7$ mill
Tasa de Actividad (20-64) por cohorte, educación y sexo	EXO	hasta 2019 2020/...	Datos (ref: WP2017 4.2.3) supuesto AWG2021 $ta_{2020} = 79.0 \rightarrow ta_{2070} = 81.8$
Tasa de paro (20-64)	EXO	hasta 2019 2020/...	Datos (ref: WP2017 4.2.3) supuesto AWG2021 $tp_{2020} = 13.8 \rightarrow tp_{2070} = 6.8$
Edad de jubilación, $\tau$	CI	$u < 1946$	observada MCVL2017
	END	$1947 \leq coh < 2000$	promedio lineal
	END	$2000 \leq coh$	Generada por modelo $F_\tau(\mu, \sigma)$ $\tau_{2020} = 64.1 \rightarrow \tau_{2070} = 66.4$
Años cotizados por coh, educ, sexo, $\tau$	CI	hasta 2019	Datos (ref: WP2017 4.3.2)
	END	2020/...	modelo lineal calibrado a AWG2021 $h_{2020} = 38.9 \rightarrow h_{2070} = 42.6$

*Cuadro 3:* Cuadro de parámetros y variables **del mercado de trabajo**. *Notación:* EXO= variable exógena, PAR=parámetro, CI=condición inicial, END= variable endógena. ECV=Encuesta de Condiciones de Vida, ref WP2017 N= referencia en Sección N de Sánchez Martín (2017a). *coh*= cohorte *PET*= Población en edad de trabajar; *ta* = tasa de actividad; *tp*= tasa de paro.  $\tau$ = edad de jubilación;  $F_\tau(\mu, \sigma)$ = función de distribución endógena de la edad de jubilación, parametrizada por las media/desviación típica de la preferencia por el ocio en la población; *h* = años cotizados;

Las rentas brutas de los miembros del hogar se forman multiplicando el salario de mercado por el trabajo eficiente suministrado por los agentes, discutido en el párrafo previo. El salario es una variable endógena del modelo, como hemos visto en la Sección 3.3.2. Los ingresos salariales brutos también son importantes para la formación de las pensiones, ya que determinan las bases



de cotización con las que se forman las bases reguladoras de las pensiones. Las ecuaciones (3) y (4) de la Sección 3.3.4 muestran formalmente esta dependencia, de la que nos ocupamos en más detalle al final de esta Sección. Los ingresos laborales y de pensiones del hogar se forman combinando los ingresos de los cónyuges del mismo supervivientes a cada edad. Son, lógicamente, un determinante clave de sus decisiones de consumo y ahorro privado.

El mercado de trabajo también juega un papel importante en la determinación de las transferencias de pensiones. Su influencia se deja sentir fundamentalmente de dos formas:

- A través de la determinación de la **edad de jubilación**,  $\tau$ , de los agentes del modelo.

La edad de jubilación tiene un doble efecto sobre el gasto en pensiones: determina la longitud de los periodos de cobro/cotización y tiene un impacto directo en la fórmula de pensiones (Sección 3.3.4). Su tratamiento en el modelo varía en función de la cohorte/año de calendario:

- Para las cohortes nacidas antes de 1946 la distribución de la edad de jubilación es una *condición inicial* que se calibra directamente utilizando la información en la MCVL de 2017.
- La jubilación es una variable endógena para todas las demás cohortes, pero su construcción pasa por dos fases muy distintas. Sólo a partir de la cohorte nacida en el año 2000 dejamos que  $\tau$  sea determinada exclusivamente por el modelo (como una decisión racional que maximiza la utilidad de ciclo vital de los agentes).<sup>35</sup> Para las cohortes intermedias, la distribución de la edad de jubilación es una combinación lineal de la última distribución empírica disponible y de la primera distribución generada exclusivamente por el modelo. En sentido estricto, por tanto, nuestra simulación sólo endogeneiza la decisión de jubilación *a largo plazo*.<sup>36</sup>

Para la calibración de la senda de simulación en su tramo de proyección, elegimos como objetivo reproducir la senda temporal de la edad media de jubilación del AWG2021. Está se caracteriza por presentar un retraso muy rápido de la edad de jubilación en los primeros años de la senda. En principio, es posible acercarse a estos perfiles utilizando un patrón no lineal de aproximación a la solución endógena (que produce edades medias de jubilación algo mayores que las observadas al principio de la simulación). Sin embargo, los datos

---

<sup>35</sup> Los determinantes del cálculo de pensión incluyen la renta, los incentivos en la normativa de pensiones y las preferencias por el ocio de los agentes. La Sección 4.2.4 de Sánchez-Martín (2017a) (y las referencias allí proporcionadas) discute la importancia de cada uno de estos factores.

<sup>36</sup> En versiones anteriores, la endogeneidad estricta de  $\tau$  comenzaba en cohortes anteriores (nacidos en 1980 o 1990). El reajuste para la versión actual se deriva de la nueva técnica de solución en presencia de “shocks” al entorno económico que desarrollamos en el tercer documento de esta serie, Sánchez-Martín (2023b). La reconstrucción de las decisiones una vez comenzado el ciclo vital puede dar lugar a problemas de *inconsistencia temporal* (en el sentido de Strotz (1956)) en la decisión de jubilación. Estos se evitan retrasando ligeramente la primera cohorte en que aplicamos la endogeneidad plena de esta decisión.

observados no parecen corroborar un retraso muy rápido en  $\tau$ . Por esta razón mantenemos una pauta de convergencia lineal, asegurando que el modelo reproduce el retraso medio en la edad de jubilación de 2.3 años, aunque la dinámica temporal sea menos rápida que la incluida en la proyección del AWG.

■ Por la determinación de varios **componentes de la fórmula de pensiones:**

El cálculo de la pensión de jubilación inicial,  $B$ , se realiza a partir de la fórmula recogida en la ecuación (3) de la Sección 3.3.4. Ésta muestra que tanto la serie de ingresos laborales como la serie de años trabajados a lo largo del ciclo vital del trabajador son determinantes en la formación de su pensión inicial:

- la base reguladora,  $BR$ , promedia los ingresos salariales brutos comprendidos entre un mínimo y un máximo anual.
- la tasa de reposición aplicada a la  $BR$  depende explícitamente del historial de años cotizados (que, obviamente, está directamente asociado al historial laboral).

La Sección 3.3.4 discute con detalle la fórmula de cálculo de  $B$ , limitándonos aquí a revisar el modelo de determinación de la longitud del historial laboral,  $h$ . Como ocurría con muchas de las variables de las secciones previas, la calibración envuelve estimar las condiciones iniciales para las cohortes más antiguas presentes en la simulación y un modelo de proyección para los años aún no observados de la misma.

Para las cohortes nacidas hasta el año 1942, el valor de  $h$  (por educación, sexo y edad de jubilación) se puede inferir a partir de la información en la MCVL2017. La Sección 4.3.2 de Sánchez-Martín (2017a) describe el procedimiento utilizado para hacer esta calibración en una de las versiones previas del modelo. Los datos históricos reflejan que los aumentos en los años cotizados no son exactamente proporcionales a los aumentos en las tasas de empleo de los agentes considerados. Modelizando sobre la parte observable se encuentra que el aumento en los historiales laborales se puede aproximar razonablemente utilizando modelos autorregresivos en los que los aumentos en la longitud de los historiales laborales son una fracción del aumento de las tasas de participación de las cohortes consideradas. Este modelo sencillo se aplica en la parte inobservable de la simulación (ver Sección 4.3.4 de Sánchez-Martín (2017a)).<sup>37</sup> Para la calibración de las proyecciones históricas utilizamos como objetivo las cifras proporcionadas por el AWG2021 (Cuadro 3). Así, el modelo reproduce el nivel medio inicial de  $h$ , 38.9 años, y la ganancia media durante el intervalo 2020/2070 (3.4 años vs 3.6 en AWG). Hay algunas diferencias en la pauta general de aumento de la longitud del historial medio: en el AWG este aumento es lineal, mientras que en el modelo la serie temporal es cóncava reflejando una ganancia más rápida al comienzo

---

<sup>37</sup> Este modelo se aplica hasta la Edad Legal de Jubilación. En edades posteriores se aplican ganancias proporcionales de historial a la cifra alcanzada en la Edad Legal.

de la simulación. En nuestra opinión, el perfil del modelo está más en consonancia con los supuestos sobre la dinámica de los niveles de empleo de la economía.

### 3.3.4. Parámetros y variables del Sistema de Pensiones

En esta sección revisamos los rasgos básicos del modelo del sistema de pensiones, describiendo el cálculo de las principales variables endógenas y su calibración a los referentes empíricos relevantes. Los parámetros y variables exógenas del modelo se resumen en el Cuadro 4.

En los últimos años la estructura del sistema español de pensiones contributivas ha tendido a homogeneizarse, aumentando la importancia de la normativa de Régimen General y disminuyendo, como contrapartida, el peso de los Regímenes Especiales (y de las muy diversas excepciones y tratamientos particulares existentes). Al mismo tiempo, la normativa del Régimen General sigue aumentando en complejidad, haciendo más difícil el esfuerzo de modelización.<sup>38</sup> Reflejar esta complejidad tiene costes muy elevados de programación, calibración y capacidad de interpretación de los resultados. En la versión que aquí se comenta del modelo (v2), el compromiso entre detalle y sencillez se ha concretado en un modelo con los siguientes rasgos generales:

- Tipos de pensiones: modelizamos con mucho detalle las pensiones de jubilación y viudedad de la Seguridad Social, incluyendo la fórmula de cálculo de la pensión inicial, los topes discrecionales anuales en los ingresos de pensiones y la normativa de revalorización (incluyendo los mecanismos de ajuste automáticos del IRP y el FS en la modelización que recoge la reforma de 2013). La Sección 3.3 de Sánchez-Martín (2017a) repasa con detalle todos estos mecanismos.

Las otras pensiones contributivas del Sistema (Incapacidad permanente, Orfandad y a Favor de Familiar) se reproducen, como discutimos más abajo, de modo menos detallado suponiendo, esencialmente, que sus tasas de incidencia en la población y sus valores reales se mantienen constantes.<sup>39</sup>

- Tras la reforma de 2014 conviven, junto a la jubilación *ordinaria* un cierto número de variantes que cubren circunstancias particulares de la salida del mercado de trabajo. En el modelo actual reproducimos la normativa de *jubilación ordinaria* (Edad Legal de 65 ó 67 años dependiendo de si el período de cotización alcanza 38 años y 6 meses), la *jubilación*

---

<sup>38</sup> El problema de la complejidad se ha agravado con la *contra-reforma* de 2021/2023, como puede atestiguar una consulta de la Sección 1.1.2 (pese a omitir muchos de los cambios menores introducidos).

<sup>39</sup> De hecho, suponemos que se mantienen constantes las tasas de incidencia de los varones, mientras que para las mujeres se supone un proceso de convergencia progresiva a los valores de éstos. Los valores medios reales de las prestaciones se suponen constantes en las simulaciones en las que las pensiones se actualizan con el IPC. En otros casos, estos valores están sujetos al IRP de modo similar a las otras pensiones del sistema.

*anticipada con condición de mutualista y la jubilación anticipada derivada del cese no voluntario en el trabajo.*

<b>Variables Exógenas y parámetros del Sistema de Pensiones</b>			
Variable	tipo	intervalo	origen/objetivo
Parámetros de la fórmula de pensiones	PAR	2001/2019 2020/...	LGSS, incluye IRP y FS (*) Sin FS, Indexación a IPC
Pensión inicial por coh, educ y sexo	CI	$1902 \leq coh \leq 1944$	estimada en MCVL2017 (ref: WP2017 4.3.1)
Base reguladora inicial por coh, educ y sexo	CI	$1933 \leq coh \leq 1956$	estimada en MCVL2017 (ref: WP2017 4.3.2)
Número de Pensiones por tipo	CI	2001/2019	Estadísticas INSS
Tasas de cualif. jubilación por coh, educ y sexo	CI EXO	$1933 \leq coh \leq 1956$ $1956 < coh$	estimada MCVL2017 (ref: WP2017 4.3.4)
Tasas de cobertura viudedad por edad y sexo	PAR		estimada MCVL2017 + ECH 2013 (ref: WP2017 4.3.1)
Tope máximo y mínimo de pensiones	CI EXO	2001/2019 2020/...	reproduce valor legal (rsm) supuesto AWG2021: crecen con $\pi$
Base máxima y mínima de cotización	CI EXO	2001/2019 2020/...	reproduce valor legal (rsm) sup. AWG2021: crecen con $\Delta w/w$
Tipo contributivo	PAR		calibrado a COT/Y en CN.

*Cuadro 4: Cuadro de parámetros y variables exógenas del Sistema de Pensiones. (\*) Configuración de la simulación con eliminación del IRP y FS en 2020. Notación: EXO= variable exógena, PAR=parámetro, CI=condición inicial; LGSS= Ley General de Seguridad Social, coh = cohorte (año de nacimiento), ref: WP2017 N= referencia en la Sección N de Sánchez Martín (2017a). Estadísticas INSS= Base de datos de pensiones eSTADISS del INSS; Tasas de cualif. jubilación = porcentaje de la población de referencia con 15 o más años cotizados. ECH=Encuesta Continua de Hogares; rsm = ratio al salario medio,  $\pi$ = inflación;  $\Delta w/w$ = tasa de crecimiento del salario. COT/Y= Ratio de Cotizaciones Sociales sobre PIB de Contabilidad Nacional.*

- Entre los diversos Regímenes de pensiones existentes, nos centramos en el Régimen General de la Seguridad Social, RGSS (del que tomamos la normativa de jubilación y viudedad) y en el Régimen de Clases Pasivas del Estado, RCP (que se encuentra en vías de desaparición progresiva y cuyas reglas de jubilación y supervivencia se reproducen de modo más estilizado que las de Seguridad Social). El objetivo de calibración es, lógicamente, que los resultados del modelo aproximen los niveles de gasto total en pensiones tanto de la Seguridad Social como del RCP.

El gasto en pensiones no contributivas no se modeliza explícitamente (se incluye en la partida de “Otros Gastos” del Sector Público al construir la restricción presupuestaria pública que vimos en la Sección 3.3.2).

- El Sistema se financia con cotizaciones sociales y con transferencias del presupuesto general. Los ingresos contributivos se generan aplicando una tasa única a las *bases de cotización* de los miembros de los hogares. Las bases reproducen, además, los topes discrecionales (mínimo y máximo) establecidos anualmente en las leyes presupuestarias. Las transferencias del presupuesto se centran en cubrir los complementos de mínimos. Esta situación ha cambiado profundamente tras la reforma de 2022 (Sección 1.1).

### Calibración de las Condiciones Iniciales del Sistema

Durante la fase observable de la simulación hemos asignado valores a las variables de pensiones de acuerdo con las siguientes normas:

- Pensiones de jubilación y viudedad de la Seguridad Social

Las cohortes nacidas entre 1902 y 1944 ya tienen una pensión de jubilación ( $B$ ) formada al inicio de la simulación. El procedimiento que seguimos para imputar las condiciones iniciales (CI) respecto del **valor de estas pensiones** se describe en la Sección 4.3.1 de Sánchez-Martín (2017a). En resumen, el valor de  $B$  (por educación, sexo y edad de jubilación) se toma de los datos observados en la MCVL2017 y se incorpora al modelo en forma de ratio con el salario medio por empleado (en el primer instante de participación del agente en el modelo). Las pensiones de viudedad, por su parte, se construyen aplicando a las CI de jubilación los coeficientes de reposición históricos establecidos en la legislación.

Las cohortes posteriores forman su pensión endógenamente, pero todavía hay un rango amplio de cohortes (hasta los nacidos en 1956) que tienen una CI adicional derivada de la serie de cotizaciones realizadas en los años previos al inicio de la simulación. Estas cohortes tienen, por tanto, una CI respecto de su **base reguladora** que calibramos con datos observados por educación, sexo y edad de jubilación de modo similar a como se hizo con  $B$  (Sección 4.3.2 de Sánchez-Martín (2017a).

La técnica de calibración respecto del **número de pensiones** concedidas al comienzo de la simulación es bastante similar. De nuevo, utilizamos la información por cohortes, sexo y

educación de la MCVL, que incorporamos al modelo en forma de una *tasa de cobertura* de la población de 65 y más años del grupo poblacional considerado. Para las pensiones de viudedad se sigue un procedimiento similar, que se combina con información de la Encuesta Continua de Hogares del INE (de nuevo, ver sección 4.3.1. de Sánchez-Martín (2017a)). En ambos casos revisamos la adecuación de los valores resultantes a las series temporales agregadas de número de pensiones por tipo.

Finalmente, el modelo necesita una CI para el **historial contributivo** de los agentes (que, como vemos en la sección siguiente, es un “input” en la fórmula de pensiones). La calibración de esta CI se ha discutido en la Sección 3.3.3 al revisar el mercado de trabajo.

- *Otras Pensiones* de Seguridad Social y pensiones de jubilación y viudedad del Régimen de clases pasivas (RCP).

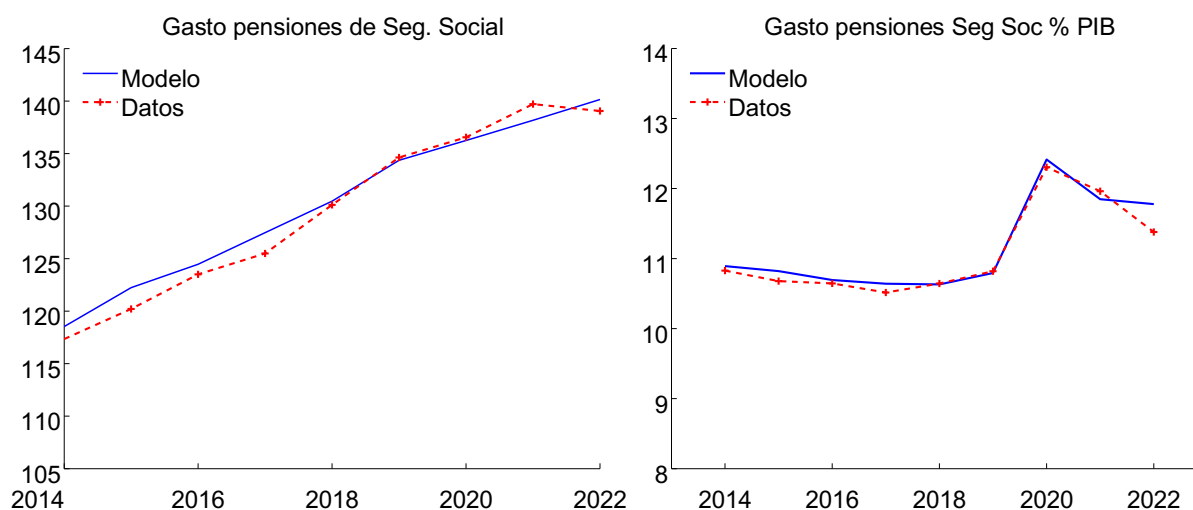


Figura 3: Gasto en transferencias de pensiones contributivas de la Seguridad Social en miles de millones de euros de 2019 (panel izquierdo) y en porcentaje del PIB (panel derecho)

Para las *Otras Pensiones* de Seguridad Social incorporamos al modelo las series temporales del número de pensiones y su valor medio observadas en el intervalo 2001/2020. La Sección 4.4.1 de Sánchez-Martín (2017a) proporciona detalles y gráficos de este proceso.

Para las pensiones de jubilación y viudedad del RCP las cosas son más complicadas, ya que es un régimen que se encuentra en vías de extinción puesto que los nuevos funcionarios ya se incorporarán al Régimen General. La Sección 4.4.2 de Sánchez-Martín (2017a) discute la forma en que se incorpora al modelo la información disponible sobre las condiciones iniciales del RCP. Esta información se ha actualizado con información agregada de 2020.

- “Topes” de pensiones establecidos anualmente.

La cuantía anual de las pensiones está acotada entre un mínimo y un máximo establecidos anualmente en la ley de presupuestos. El tope superior es único, pero el tope inferior toma

varios valores dependiendo de la edad y de las circunstancias familiares del pensionista. En el modelo reproducimos parte de esta complejidad estableciendo dos niveles para la pensión mínima de jubilación (en función de la edad de cobro) y una pensión mínima de viudedad. Durante la fase observada de la simulación calibramos los tres topes inferiores y el tope superior reproduciendo los valores en los datos en el año 2014 (como ratio al salario medio) y las tasas de crecimiento realizadas hasta 2020 (Sección 4.3.3 de Sánchez-Martín (2017a)). Comprobamos que este procedimiento da un buen resultado en términos de la incidencia del mínimo en el modelo y del porcentaje del gasto en pensiones que supone.

#### ■ Cotizaciones a la Seguridad Social

El modelo incluye un mínimo y un máximo en los valores de las bases contributivas (ecuación 4). Como con los topes legales de pensiones, se calibra su valor en 2014 y se reproduce la dinámica observada durante el intervalo 2001/2020. En el caso del mínimo, se calibra el nivel más reducido del Sistema (grupos de tarifa 4 a 7). El tipo contributivo se calibra para reproducir el peso de las cotizaciones totales en el PIB. Estas cotizaciones financian a la Seguridad Social en su conjunto, pero en este trabajo nos interesa estudiar por separado el saldo del componente de pensiones contributivas. Para ello hacemos una imputación de la parte de las cotizaciones por contingencias comunes y profesionales que es atribuible a este componente (calculada como el ratio de transferencias de pensiones contributivas sobre el total de prestaciones económicas del sistema).<sup>40</sup>

Como cierre del proceso de calibración de las CI del modelo comprobamos que las variables endógenas agregadas generadas por el mismo están razonablemente bien alineadas con sus equivalentes en los datos (Figura 3).

### **Calibración de los procesos de pensiones en la fase de proyección futura del modelo**

Durante la *fase de proyección* de la simulación las CI del modelo se incorporan como variables exógenas que es preciso construir. En nuestro caso, elegimos replicar las trayectorias propuestas por el AWG2021 en el intervalo 2020/2070. A continuación, resumimos brevemente los procesos de construcción de estas variables, siguiendo el mismo orden que en la Sección precedente.

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

Las pensiones de jubilación son el corazón del modelo de simulación (ver Sección 3.3 de Sánchez-Martín (2017a)). En la fase de proyección obtenemos endógenamente sus valores

---

<sup>40</sup> Las pensiones del Régimen de Clases Pasivas se financian directamente del presupuesto público general y no se incluyen en los agregados de gasto o en el saldo de la Seguridad Social. A efectos puramente informativos hemos construido una variable de “gasto” total en pensiones que suma la cuantía de las transferencias de pensiones contributivas de la Seguridad Social y del RCP.

para todos los agentes del modelo aplicando una versión estilizada de la fórmula de cálculo en vigor:<sup>41</sup>

$$B(BR, \tau, h, t) = \alpha^E(\tau, t) \alpha^H(h, t) BR \quad (3)$$

Donde  $\tau$  es la edad de jubilación,  $h$  el número de años cotizados y  $t$  el año de calendario.  $\alpha^E$  representa la tasa de reposición asociada a la penalización por jubilación anticipada,  $\alpha^H$  es la tasa de reposición asociada a la duración del historial contributivo y la Base Reguladora se calcula conforme a la expresión:

$$BR(\tau, u) = \frac{\sum_{i=\tau-D}^{\tau-1} bcot_i^u}{D}$$

con bases contributivas reales que dependen de los ingresos laborales y de los topes legales en vigor en cada instante. Para un trabajador de la cohorte  $u$  a la edad  $i$  se calcularían:<sup>42</sup>

$$bcot_i^u = \max\{cmin^t, \min\{w^t \varepsilon_i, cmax^t\}\} \quad \text{con } t = u + i - 1 \quad (4)$$

donde  $w^t \varepsilon_i$  representa los ingresos brutos (producto de la dotación de unidades de trabajo eficiente a la edad  $i$  y el salario de mercado del instante  $t$ ) y donde  $cmin^t$  y  $cmax^t$  son los topes legales en vigor en el instante  $t$ . Es sólo gracias a la modelización del ciclo vital completo de los agentes del modelo (y en especial de sus variables de mercado de trabajo, como sus ingresos laborales y la longitud de sus historiales contributivos), que estas expresiones son operativas. Como en el mundo real, la pensión del modelo resulta de una compleja interacción de los factores demográficos, laborales y macroeconómicos que hemos revisado en las secciones precedentes. La **pensión de viudedad**, por su parte, se construye aplicando una tasa de reposición calibrada a la pensión de jubilación del cónyuge fallecido.<sup>43</sup>

El **número de pensiones** concedidas en cada período de la fase de proyección se genera endógenamente a partir de los modelos de la edad de jubilación y de las tasas de cualificación por cohortes, educación y sexo cuyos parámetros quedan fijados en el intervalo observable del modelo.

■ **Otras Pensiones de Seguridad Social y pensiones de jubilación y viudedad del RCP.**

Los gastos en pensiones de incapacidad temporal, orfandad y favor familiar se proyectan con un modelo estilizado del número de pensiones concedidas y de su valor medio. La hipótesis principal para el número de pensiones es el mantenimiento de las tasas observadas de incidencia por edad para los varones y un proceso de convergencia a las

<sup>41</sup> Omitimos el Factor de Sostenibilidad, discutido en la Sección 1.1.1. La reforma de 2023 introduce varios cambios adicionales, que son objeto de estudio en el último trabajo de este proyecto.

<sup>42</sup> En el segundo documento de trabajo de esta serie (Sánchez-Martín (2023a)) presentamos una nueva modelización que mejora la reproducción de la heterogeneidad en las bases contributivas.

<sup>43</sup> La fórmula real es más compleja, ya que la situación de viudedad puede darse antes de la formación de la pensión de jubilación. Por esta razón calibramos la tasa de reposición (en lugar de reflejar el valor legal) de modo que el modelo reproduce razonablemente el valor del gasto agregado en este tipo de pensiones durante la *fase de prueba* del modelo.



mismas para las mujeres. Los valores medios de estas prestaciones se mantienen constantes en términos reales a partir de los últimos valores disponibles. Los detalles pueden consultarse en la Sección 4.4.1 de Sánchez-Martín (2017a).

El RCP está inmerso en un proceso de conversión progresiva al RGSS. En nuestra simulación el acceso al sistema permanece cerrado mientras que modelizamos el proceso de acceso a las prestaciones de jubilación y viudedad conforme a una estimación de las tasas de jubilación por edades inferida de los datos y a la aplicación de las tasas de mortalidad generales de la población. La Sección 4.4.2 de Sánchez-Martín (2017a) describe los detalles del modelo aplicado.

- Para los “*topes*” de pensiones establecidos anualmente incorporamos al modelo las hipótesis adoptadas en la proyección del AWG2021: la pensión máxima se mantiene constante en términos reales (usando el IPC como índice de precios de referencia) durante toda la proyección, mientras que la pensión mínima real se mantiene constante hasta 2050, año a partir del cual pasa a crecer en línea con el salario medio.

El segundo documento de trabajo de esta serie, Sánchez-Martín (2023a), introduce mejoras importantes en la modelización de la dispersión de la distribución de la sección cruzada de pensiones, pensada específicamente para lograr una buena reproducción de la incidencia de ambos topes al comienzo de la simulación. La proyección del AWG2021 pone un énfasis especial en la importancia creciente del tope máximo como factor de contención del gasto durante la fase de proyección.

- Cotizaciones de la Seguridad Social

El valor de las bases contributivas se genera endógenamente en el modelo, pero siempre respetando los topes inferior y superior establecidos anualmente (ecuación 4). Los valores proyectados de estos topes siguen las hipótesis establecidas en el AWG2021: crecimiento conforme al salario medio. La modelización de los topes superiores es especialmente importante dada la inclusión en la reforma de 2023 del llamado “destope” de las bases contributivas máximas. Para mejorar la representación de este proceso en el modelo, la última extensión del mismo (desarrollada en el segundo documento de trabajo de la serie, Sánchez-Martín (2023a), incluye una modelización explícita de la sección cruzada de bases de cotización en cada período.

## 4. Versión v3 del modelo: mejoras en la modelización y en la calibración

La última iteración en el ciclo de desarrollo del modelo (descrito en la Sección 2.3) supone el paso de la versión v2 a la nueva versión v3. Incluye dos importantes cambios metodológicos, que afectan a su contenido y a la estructura general del experimento de simulación, y ajustes de actualización en los parámetros y procesos exógenos del modelo y mejoras en la representación de varias instituciones del Sistema de Pensiones. Las siguientes secciones revisan brevemente los cambios introducidos.

### 4.1. Inclusión de “shocks” imprevisibles en el marco institucional

La versión v2 del modelo, actualizada en la forma descrita en las secciones 2 y 3, constituye un punto de partida natural para explorar el impacto de la *contra-reforma* de 2021/2023. De hecho, el entorno v2 (actualizado a 2014) se había utilizado en Sánchez Martín (2017b), de la Fuente et al. (2019) y trabajos posteriores para estudiar el impacto de la abolición de los Mecanismos Automáticos de Ajuste (FS/IRP). Lamentablemente, el supuesto de información perfecta subyacente en la estructura temporal de la simulación dificulta la aplicación inmediata del modelo a este fin.

La ausencia de incertidumbre recursiva es un aspecto del modelo que resulta clave para un cálculo rápido y efectivo de su solución con los algoritmos numéricos habituales. Pero este aspecto es especialmente problemático cuando es el mismo entorno institucional el que sufre cambios imprevisibles en su estructura. Tristemente, esta es la situación por la que ha pasado España de los últimos años.<sup>44</sup> Ante esta situación puede responderse de varias formas, ordenadas en modo de complejidad creciente:

- Reprogramar el código del modelo para comenzar una nueva simulación desde el momento en que el “shock” se ha materializado en 2021. En este caso cambiaríamos las normas institucionales de la versión v2 por las resultantes de la *contra-reforma*. Las condiciones iniciales de esta simulación se tomarían de los datos observados en 2020 y años anteriores. Como en la versión v2, esta solución calcula el equilibrio con una única simulación, pero prescinde del *período de prueba* en que se testa el acierto en la calibración del modelo.

---

<sup>44</sup> La estabilidad en el tiempo es una propiedad importante de los grandes programas públicos de impuestos y transferencias, ya que permite a los agentes económicos tomar sus decisiones a corto plazo con una perspectiva correcta de sus consecuencias futuras. Esto es especialmente importante respecto de las decisiones de ciclo vital afectadas por las pensiones (decisiones relativas al empleo y a la jubilación, a la cuantía del ahorro y a la composición de la cartera de activos financieros y reales). Para los autores, la incapacidad de los agentes para predecir la normativa futura de las pensiones públicas constituye un fracaso importante del sistema en vigor. Este fracaso, además, constituye una sorpresa, ya que durante todos estos años siempre hemos esperado más responsabilidad en el comportamiento del legislador español.

- Reprogramar el código del modelo manteniendo 2001 como año de inicio, pero extendiendo la fase de prueba de la simulación hasta 2019. Esta fase incluiría, en consecuencia, el comportamiento observado del IRP y del FS entre 2014 y 2019. Al tiempo, se incorpora a la *fase de proyección* a partir de 2020 la eliminación del IRP y el FS, la indexación al IPC y los otros cambios que conforman la *contra-reforma*. Este modelo también se resuelve con una única simulación, pero presupone la existencia de información perfecta sobre la duración de los mecanismos automáticos de 2014 y sobre las normativas que, eventualmente, los sustituirían en 2021.
- Modelizar la contra-reforma como un “shock” inesperado en el entorno institucional, materializado en varios pasos a partir de 2019. Para implementar este enfoque es preciso combinar dos simulaciones del modelo: una primera similar a las realizadas con la versión v2 en que se presupone que el IRP y el FS se mantendrán indefinidamente en el tiempo (simulación “base”), y una nueva simulación que arranca en 2020, que incorpora el nuevo entorno institucional y que toma como condiciones iniciales el estado de la economía en la simulación “base”.

Es el último de los tres enfoques el que finalmente implementamos en este trabajo. Las ventajas más importantes de esta elección son dos: el mantenimiento de un *período de prueba* en el modelo y un mejor reflejo de la secuencia real de eventos en la economía (y, con ella, de la información manejada por los agentes del modelo).<sup>45</sup> El precio que pagamos es un mayor coste de programación y una mayor complejidad en el cálculo de las simulaciones. Uno de los documentos de esta serie, Sánchez-Martín (2023b), explora los costes y oportunidades que ofrece esta solución, incluyendo una discusión teórica del nuevo método, una revisión de los cambios inducidos en la rutina de programación, y una aplicación práctica del mismo al estudio de la eliminación del IRP y del FS.

## 4.2. Heterogeneidad de cotizaciones e ingresos de pensiones

Hay un segundo aspecto en el que la versión v2 no es óptima para analizar la *contra-reforma* de pensiones: los cambios en la normativa hacen necesario extender el modelo para permitir que exista un mayor grado de heterogeneidad entre agentes. Dos dimensiones de tal heterogeneidad afectan directamente a las proyecciones del nivel de gasto:

1. Al eliminar los mecanismos de control de gasto de 2013, el papel de la pensión máxima, fijada anualmente en los PGE, se vuelve más relevante. La pensión máxima ya estaba presente en la versión v2 del modelo, pero el trabajo de calibración se centró en la pensión

---

<sup>45</sup> Como reflejan nuestros trabajos entre 2017 y 2020, la sensación de insostenibilidad a largo plazo del mecanismo del IRP (sin ingresos adicionales) era bastante común en los años previos a la contra-reforma. Aún así, la hipótesis de persistencia en el tiempo como escenario “por defecto” de los agentes nos parece razonable (siguiendo de alguna forma los razonamientos del famoso capítulo 12 sobre formación de expectativas en la Teoría General de Keynes)

mínima (cuya incidencia en los datos observables es muy superior y que, además, tiene un papel importante en la determinación del IRP)<sup>46</sup>. En el sistema en vigor tras los cambios de 2021/2023, sin embargo, es muy probable que la incidencia de la pensión máxima sobre la senda de gasto del sistema crezca fuertemente, un aspecto enfatizado por el AWG en su última proyección de pensiones (European-Commission (2020)). Como anticipo de esta posibilidad observamos que en los últimos datos disponibles la tasa de incidencia de la pensión máxima en las altas de jubilación está entorno al 8%, cifra muy superior a la existente en el “stock” completo de pensionistas.

Para mejorar la reproducción de la incidencia del tope superior de pensiones, la nueva versión v3 incorpora un modelo explícito de la distribución de los ingresos de pensiones. Esta mejora es necesaria pese a que el modelo genera mucha heterogeneidad en los ingresos de pensiones gracias a la gran cantidad de agentes representativos que lo pueblan (que varían por sexo, educación, cohorte y edad de jubilación). El problema es que no se consigue una representación suficientemente realista de la cola derecha de los pensionistas con mayores ingresos. Tras experimentar con varias formas funcionales hemos encontrado que una distribución de Pareto truncada logra una representación razonable tanto de las colas de la distribución de ingresos como de sus niveles medios.<sup>47</sup> El segundo documento de esta serie, Sánchez-Martín (2023a), revisa con detalle la inclusión de esta herramienta en el modelo de simulación, revisa la evidencia empírica sobre la incidencia de las pensiones máximas y proporciona ejemplos de la flexibilidad de la forma funcional para reproducir los patrones observados en los datos.

2. El nuevo sistema en vigor tras la reforma de 2023 se caracteriza por un tratamiento desigual de los cotizantes en función del nivel de sus ingresos salariales. En concreto, establece un recargo en el tipo contributivo para las bases de cotización que se encuentren por encima de la base máxima. Al mismo tiempo, establece una pauta de actualización en el tiempo de esta base máxima sistemáticamente mayor que la propuesta para la pensión máxima (proceso conocido popularmente como “destope” de las bases máximas). Es claro que las cotizaciones adicionales que no generan nuevos derechos de pensiones son un puro impuesto, de forma que estas medidas tienen consecuencias redistributivas potencialmente importantes. Para incluir estos cambios en el modelo es preciso que éste consiga una buena representación de la distribución de la sección cruzada de las bases de cotización. Como en el caso antes indicado de los ingresos de pensiones, la versión v3 procede a incluir un nuevo módulo que endogeneiza la distribución de bases en el modelo. El procedimiento y la forma

---

<sup>46</sup> Las transferencias del presupuesto general para financiar pensiones mínimas se incluían como ingresos del Sistema a la hora de calcular el IRP.

<sup>47</sup> La distribución se indexada a la evolución del nivel de la pensión y de los topes legales, de forma que cambia de modo sistemático y predecible en el tiempo.

funcional son bastante similares los empleados con los ingresos de pensiones y también se exponen con detalle en el otro documento de la serie, Sánchez-Martín (2023a).

### 4.3. Actualización de los procesos exógenos

Finalmente, las tareas necesarias para llegar a la versión 3 del modelo incluyen un doble proceso de actualización en los parámetros, condiciones iniciales y procesos exógenos utilizados por el modelo. En todos los casos, las series que el modelo toma directamente de los datos se actualizan con sus valores observados hasta 2020. Para los experimentos de simulación futura de gastos, sin embargo, proponemos dos entornos diferentes:

1. Para el ejercicio de eliminación del IRP y del FS que sirve para ilustrar el nuevo método recursivo en Sánchez-Martín (2023b) usamos los supuestos de proyección del AWG 2021. La capacidad del nuevo modelo de replicar los resultados del AWG-2021 (específicamente en el entorno con IRP y FS) nos sirve de comprobación del buen funcionamiento de esta última versión de nuestra herramienta de simulación del gasto en pensiones.
2. En el último ejercicio de esta serie nos planteamos un análisis completo de los cambios introducidos en el conjunto de la *contra-reforma* de pensiones iniciada en 2020 y concluida en 2023. Para este ejercicio es adecuado actualizar algunos de los supuestos de proyección utilizados por el AWG2021, reflejando las tendencias que han emergido de modo más reciente (como la alta inflación y la reacción a esta de la política monetaria del ECB, el aumento de los ingresos impositivos o las dificultades para recuperar los niveles de PIB pre-pandemia). Al mismo tiempo, el tramo de valores observados que sirven de test al modelo se extiende hasta el año 2022.
3. Mejoras en la calibración de los procesos exógenos:
  - a) Implementamos una nueva técnica de calibración de la serie temporal de las tasas de crecimiento de la productividad: se obtienen de la serie del nivel exógeno de productividad del trabajo,  $A_t$ , que reproduce el nivel observado del PIB real en 2014/2020 (calibración al AWG) o en 2014/2022 (calibración actualizada a 2023), seguida de una senda de convergencia rápida a la proyección del PIB del AWG (a la propuesta de Airef hasta 2026).
  - b) Al hilo del cambio en el reconocimiento de los mal llamados “gastos impropios” del sistema de pensiones, hemos implementado tres posibles definiciones del saldo resultante para el sistema.

#### 4.4 Mejoras en la modelización del Sistema de Pensiones

Se han introducido mejoras en la modelización de los detalles de la normativa de Seguridad Social, incluyendo:

- 1) la programación de un sistema dual respecto de la Edad Legal de jubilación dependiendo de los años cotizados. La Edad Legal en la jubilación “ordinaria” se establece, siguiendo la reforma de 2011, en los 67 años. Sin embargo, se mantienen la jubilación sin penalización de edad a los 65 para “historiales completos de cotización”, entendidos como los de 38,5 años o más. Este cambio permite alinear mejor las proyecciones de jubilación del modelo a medio plazo con respecto a las trayectorias incluidas en el AWG2021 o en Airef,
- 2) un nuevo modelo más robusto para la proyección del número de pensiones de incapacidad permanente, orfandad y a favor de familiar,<sup>48</sup>
- 3) un nuevo modelo para proyectar el historial de años cotizados en función de la cohorte y la edad de jubilación. Implementamos una especificación autorregresiva que calibramos para reproducir los valores medios en la senda de simulación del AWG2021 y el incremento total entre los años extremos del intervalo 2020/2070.
- 4) También hemos completado la programación de una versión más detallada del sistema de penalizaciones por edad resultante de la reforma de 2013, que estaba incompleto en la versión de 2017.

---

<sup>48</sup> Sus altas representan un porcentaje estable asociado a la evolución de la población en edad de trabajar.

## Referencias

- Auerbach, A. J. and L. J. Kotlikoff (1987). *Dynamic Fiscal Policy*. Cambridge University Press.
- 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.
- BOE (2021, 29 de diciembre). Ley 21/2021 de 28 de diciembre de garantía del poder adquisitivo de las pensiones y de otras medidas de refuerzo de la sostenibilidad financiera y social del sistema público de pensiones”. Num 312, pag 165084.
- BOE (2023, 16 de marzo). Real Decreto Ley 2/2023 de 16 de marzo de medidas urgentes para la ampliación de derechos de los pensionistas, la reducción de la brecha de género y el establecimiento de un nuevo marco de sostenibilidad del sistema público de pensiones.
- de la Fuente, Angel (2022, Diciembre). Sobre la financiación de la Seguridad Social: algunas reflexiones al hilo de la propuesta de “destope” de las cotizaciones. Apuntes FEDEA 2022/31.
- de la Fuente, Angel (2023a, Marzo). Los efectos presupuestarios de la reforma de pensiones: un balance provisional. Apuntes FEDEA 2003/06.
- de la Fuente, Angel (2023b, Marzo). “Sobre el nuevo decreto de pensiones: algunos cálculos de urgencia.” Apuntes FEDEA 2003/08.
- de la Fuente, A., M.A. García, y A. R. Sánchez (2017, febrero). La salud financiera del sistema de pensiones. Análisis retrospectivo, proyecciones y factores de riesgo. Documento de Trabajo eee2017-04, FEDEA.
- de la Fuente, A., M.A. García, y A. R. Sánchez (2019). La salud financiera del sistema público de pensiones español: proyecciones de largo plazo y factores de riesgo. *Hacienda Pública Española / Review of Public Economics* (229-2), 123–156. <https://doi.org/10.7866/hperpe.19.2.5>.
- de la Fuente, A., M.A. García, y A. R. Sánchez (2020). ¿Hacia una contrarreforma de pensiones? Notas para el Pacto de Toledo. *Hacienda Pública Española / Review of Public Economics* (232-1), 115–143. <https://doi.org/10.7866/hpe-rpe.20.1.5>.
- de la Fuente, A., M.A. García, and A. R. Sánchez (2021). El Futuro de las pensiones en España, Chapter II.2, Algunas reflexiones sobre el informe del Pacto de Toledo y los planes del Gobierno en materia de pensiones, pp. 113–138. Number 34 in *Mediterráneo económico*. Cajamar.
- de la Fuente, A., M.A. García, and A. R. Sánchez (2022, Enero). El Mecanismo de Equidad Intergeneracional: una disposición poco equitativa, insuficiente y confusa. Apuntes FEDEA 2022/02.

- de la Fuente, A y A. R. Sánchez (2023). Actualización del modelo MSSP-OLG: evaluación de la *contra-reforma* de pensiones de 2021/2023. Documento de Trabajo de próxima publicación, FEDEA
- De-Nardi, M., S. Imrohoroglu, and T. Sargent (2001). Saving and pension reform in general equilibrium models. *Oxford Review of economic policy* (17-1), 1–20.
- Devesa-Carpio, JE, M Devesa-Carpio, I. Domínguez, B. Encinas, and R Meneu (2022). Efectos de diversas medidas relacionadas con la edad de jubilación. Working Paper 2022-02, IVIE.
- Diamond, Peter A (1965). National debt in a neoclassical growth model. *American Economic Review* (55(5)), 1126–1150.
- European-Commission (2020, May). The 2021 Ageing Report. economic and budgetary projections for the EU Member States (2019-2070). Institutional Paper (148).
- Fehr, Hans (2009). Computable stochastic equilibrium models and their use in pension-and ageing research. *De Economist* (157-4), 359–416.
- García-Díaz, Miguel A (2022, Octubre). Nota sobre el Presupuesto del Sistema de la Seguridad Social 2023. Apuntes FEDEA 2022/26.
- Ministerio-Economía (2021). Ageing report 2021, Spain country fiche. Technical report.
- 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, A. R. (2002). Jubilación endógena y reforma del sistema público de pensiones en España. Tesis Doctoral de la Universidad Carlos III de Madrid.
- Sánchez-Martín, A. R (2010). Endogenous retirement and public pension system reform in Spain. *Economic Modelling* (27), 336–349.
- Sánchez-Martín, A. 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. (2017a). Proyecciones financieras y de bienestar del sistema español de pensiones: modelización en equilibrio general. Documento de Trabajo eee2017-03, FEDEA.
- Sánchez-Martín, A. R. (2017b). Proyecciones financieras y de bienestar del sistema español de pensiones: resultados de simulación. Documento de Trabajo eee2017-04, FEDEA.
- Sánchez-Martín, A. R. (2023a). Actualización del modelo MSSP-OLG: extensión de la heterogeneidad de ingresos y bases contributivas. Documento de Trabajo forthcoming, FEDEA.
- Sánchez-Martín, A. R. (2023b). Actualización del modelo MSSP-OLG: incorporación de “shocks” inesperados al entorno económico. Documento de Trabajo de próxima aparición, FEDEA.
- 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* (31/3), 405–452.
- Strotz, R. H. (1956). Myopia and inconsistency in dynamic utility maximization. *Review of Economic Studies* (23), 165–180.