

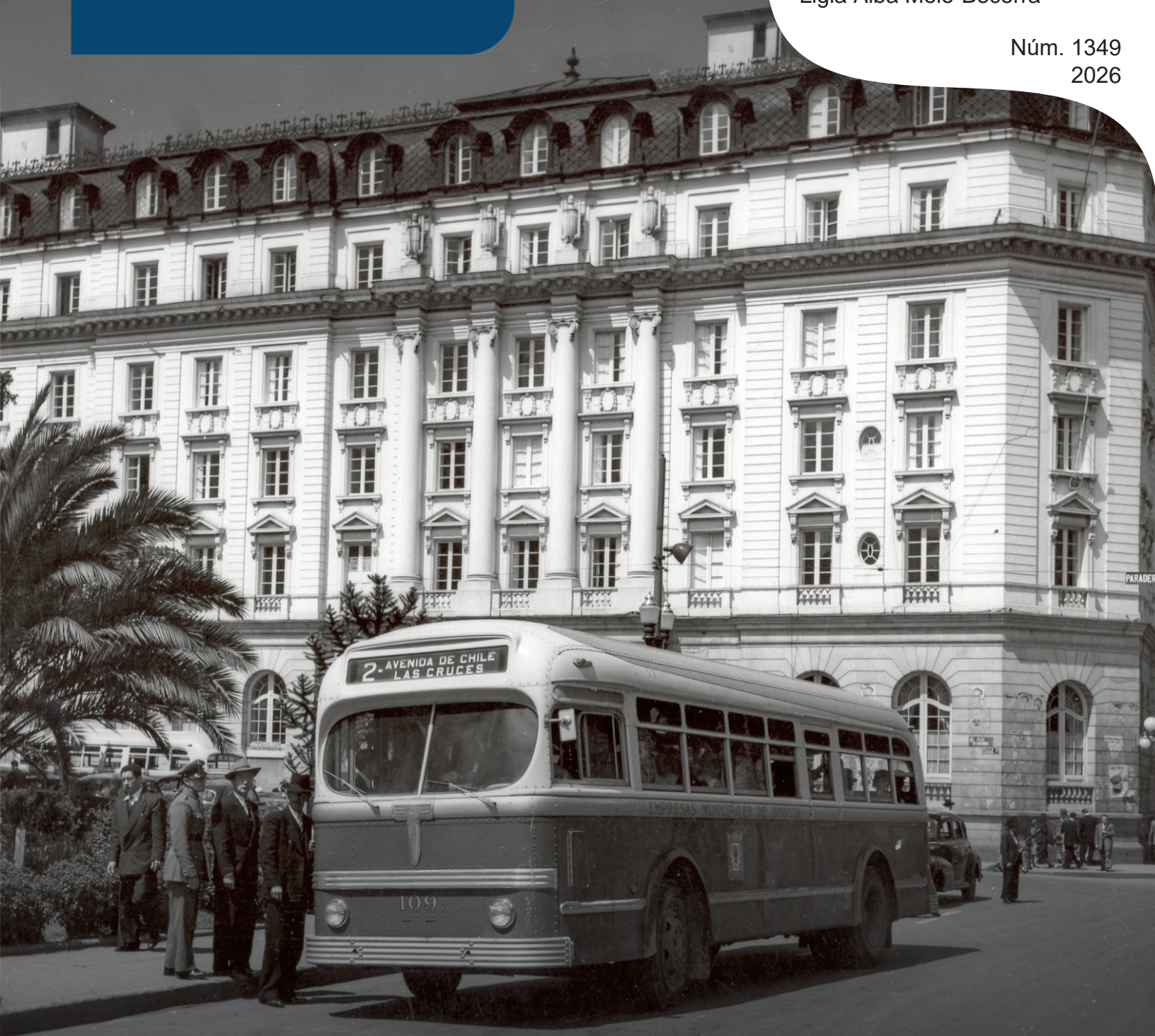
BORRADORES DE ECONOMÍA



Impacto macroeconómico y
fiscal del cambio demográfico

Por:
Jesus Botero-García
Cristian Castrillon-Gaviria
Daniela Gallo
Ligia Alba Melo-Becerra

Núm. 1349
2026



Impacto macroeconómico y fiscal del cambio demográfico *

Las opiniones contenidas en el presente documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva

Jesús Botero-García[♣]
jabotero@eafit.edu.co

Cristian Castrillon-Gaviria[♥]
ccastr8@eafit.edu.co

Daniela Gallo[♠]
dpgallom@eafit.edu.co

Ligia Alba Melo-Becerra[♦]
Lmelobec@banrep.gov.co

Resumen

Este documento estima los efectos del cambio demográfico sobre el crecimiento económico y las finanzas públicas en Colombia, considerando su impacto en el sistema de pensiones, el sector salud, la educación y otros componentes del gasto asociados al envejecimiento poblacional, así como sobre los ingresos fiscales del gobierno. Para este propósito, se utiliza un Modelo de Equilibrio General Computable (MEGC), que incorpora las interacciones entre sectores y permite evaluar los efectos del envejecimiento sobre el crecimiento económico, el gasto público, los ingresos tributarios y el balance fiscal. El análisis también contempla los efectos indirectos a través del mercado laboral y la acumulación de capital. Los resultados muestran que el envejecimiento poblacional constituye un desafío estructural para la sostenibilidad fiscal, con implicaciones significativas sobre el crecimiento económico y el empleo. Se proyecta un aumento persistente del gasto público, impulsado principalmente por mayores transferencias asociadas a los sistemas de pensiones y salud. Como consecuencia, el déficit fiscal primario se ampliaría de manera considerable hacia 2070 y la deuda del Gobierno Nacional Central se incrementaría hasta niveles superiores a 180% del PIB, generando un aumento significativo en el costo de financiamiento soberano.

Clasificación JEL: E24, E62, H50, H60, J11, J18

Palabras clave: Cambio demográfico; Tasa de dependencia, Modelos de equilibrio general, Empleo, Gasto público, Déficit fiscal, Colombia.

* Agradecemos a Franz Hamann, Hernando Vargas y a los participantes en el *XXVII Seminario de Investigación del Banco de la República* (Cali, 25-27 de agosto de 2025), así como a los asistentes al seminario *Los retos de la transición demográfica en Colombia* (Universidad EAFIT, Medellín, 20 de noviembre de 2025) por sus valiosos comentarios y sugerencias a una versión preliminar de este documento. También agradecemos a Andrés Felipe Chitán por su apoyo en la investigación.

[♠] Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. (ORCID: 0000-0001-9821-7221).

[♥] Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. (ORCID: 0000-0002-9601-2625).

[♣] Consultora en la División de Gestión Fiscal del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Estados Unidos. (ORCID: 0009-0000-7454-2417).

[♦] Banco de la República, Bogotá, Colombia. (ORCID: 0000-0003-0895-9753).

Macroeconomic and fiscal impact of demographic change

The opinions contained in this document are the sole responsibility of the authors and do not commit Banco de la República nor its Board of Directors

Jesus Botero-García
jabotero@eafit.edu.co

Cristian Castrillon-Gaviria
ccastr8@eafit.edu.co

Daniela Gallo
dpgallom@eafit.edu.co

Ligia Melo-Becerra
Lmelobec@banrep.gov.co

Abstract

This paper estimates the effects of demographic change on economic growth and public finances in Colombia, considering its impact on the pension system, the health sector, education, and other expenditure components associated with population aging, as well as on government fiscal revenues. To this end, a Computable General Equilibrium (CGE) model is employed, incorporating intersectoral linkages and allowing for the assessment of the effects of aging on economic growth, public spending, tax revenues, and the fiscal balance. The analysis also accounts for indirect effects operating through the labor market and capital accumulation. The results indicate that population aging constitutes a structural challenge to fiscal sustainability, with significant implications for economic growth and employment. Public expenditure is projected to increase persistently, driven primarily by higher transfers associated with the pension and health systems. Consequently, the primary fiscal deficit would widen substantially by 2070, and Central Government debt would rise to levels exceeding 180 percent of GDP, leading to a significant increase in sovereign financing costs.

JEL Classification: E24, E62, H50, H60, J11, J18

Keywords: Demographic change; Dependency ratio; General equilibrium models; Employment, Public spending; Fiscal Deficit; Colombia.

1. Introducción

En las últimas décadas, Colombia ha experimentado una profunda transformación demográfica, caracterizada por la reducción de las tasas de fecundidad y mortalidad, junto con un aumento sostenido de la esperanza de vida. Este proceso ha dado lugar a un rápido envejecimiento de la estructura poblacional, reflejado en el incremento de la tasa de dependencia por vejez, entendida como la proporción de personas mayores respecto a la población en edad de trabajar. Como consecuencia, un número relativamente menor de trabajadores deberá financiar, a través de impuestos y contribuciones laborales, a una población creciente que demandará mayores servicios de salud, cuidados de largo plazo y pensiones.

El aumento de la tasa de dependencia por vejez constituye, así, un desafío central para el gasto público y la sostenibilidad fiscal, al ampliar la brecha entre las necesidades de financiamiento asociadas al envejecimiento y la capacidad de generación de ingresos del Estado. Este fenómeno no solo presiona los sistemas de pensiones y salud, sino que también incide sobre otros componentes del gasto social, como los relacionados con el cuidado de personas mayores. En el sistema educativo, si bien el número de estudiantes matriculados tenderá a disminuir como resultado de la transición demográfica, persisten retos estructurales asociados al bajo desempeño académico, las brechas de cobertura y la elevada heterogeneidad en la calidad educativa entre regiones. Estos factores adquieren especial relevancia en un contexto de envejecimiento acelerado, en el que la acumulación de capital humano y el sostenimiento de la productividad resultan fundamentales.

La transición demográfica también tiene efectos relevantes sobre el mercado laboral y el crecimiento económico. La menor disponibilidad relativa de mano de obra joven puede traducirse en una desaceleración del crecimiento potencial, afectando la generación de ingresos fiscales y el recaudo de contribuciones a la seguridad social. En el mediano y largo plazo, el incremento del gasto asociado a salud, pensiones y cuidados de personas mayores puede ejercer una presión considerable sobre el presupuesto público, lo que refuerza la necesidad de evaluar de manera integral los efectos macroeconómicos y fiscales del cambio demográfico.

En este contexto, el objetivo de este documento es estimar el impacto macroeconómico y fiscal del cambio demográfico en Colombia, considerando sus efectos sobre los sistemas de pensiones, salud y educación, así como sobre los ingresos fiscales y la deuda del Gobierno Nacional Central.

Adicionalmente, se analiza el impacto de una estructura poblacional más longeva sobre el mercado laboral y sobre el crecimiento económico en el mediano y largo plazo.

El análisis utiliza un Modelo de Equilibrio General Computable (MEGC) para cuantificar los efectos del cambio demográfico sobre el gasto público, el déficit fiscal, el crecimiento económico y el empleo. El ejercicio se desarrolla bajo tres escenarios demográficos alternativos. El escenario base toma como referencia las proyecciones poblacionales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), basadas en el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2018 y sus actualizaciones más recientes. En el segundo escenario se mantiene la tasa de fecundidad observada en 2018, mientras que en el tercero la fecundidad continúa disminuyendo y es inferior a la proyectada para 2024 (véase Jaramillo-Echeverri et al., 2026). La comparación entre escenarios permite identificar el impacto diferencial del cambio demográfico sobre las principales variables macroeconómicas y fiscales.

Además, utilizando el escenario base se evalúa el efecto de distintas medidas de política orientadas a mitigar los impactos negativos del envejecimiento sobre el mercado laboral, el crecimiento económico y la sostenibilidad fiscal. Entre estas medidas se consideran incrementos en la productividad total de los factores; aumentos en la proporción de trabajo calificado; incrementos en la tasa global de participación, en particular de las mujeres; mejoras en la eficiencia del sistema de salud; y, dado el aumento de la población en edades avanzadas, escenarios alternativos que incorporan revisiones en la edad de pensión.

La literatura internacional identifica el envejecimiento poblacional como un desafío estructural para la sostenibilidad fiscal, con efectos tanto sobre el gasto público como sobre la capacidad de generación de ingresos. La evidencia muestra que este fenómeno incrementa la presión sobre los sistemas de pensiones y salud, reduce la base laboral y afecta la productividad, comprometiendo el equilibrio de las finanzas públicas si no se adoptan ajustes oportunos en las políticas fiscales, laborales y de protección social.

En el contexto asiático, Liu y Zhao (2023), a partir de datos subnacionales de China para el período 2010–2019, construyen indicadores innovadores de sostenibilidad fiscal y encuentran que el envejecimiento reduce significativamente dicha sostenibilidad, con efectos más pronunciados en regiones desarrolladas y capitales provinciales. Los principales mecanismos identificados están asociados al aumento del gasto en seguridad social. Para Japón, Hansen e İmrohoroğlu (2023) muestran que la estabilidad observada en la deuda pública entre 2011 y 2019 responde a factores transitorios, como las bajas tasas de interés y las compras de bonos por parte del banco central, pero proyectan un

retorno a una trayectoria creciente de la deuda hacia 2040, impulsada por el envejecimiento poblacional. Resultados similares se encuentran para Corea del Sur (Cho y Kim, 2021), donde el envejecimiento incrementa el gasto social y reduce el recaudo debido a la contracción de la fuerza laboral, y para el conjunto de Asia, donde Lee, Kim y Park (2017) proyectan un deterioro fiscal significativo en economías con envejecimiento acelerado.

Para Europa, Dolls et al. (2017) emplean simulaciones microeconómicas para la Unión Europea y encuentran que aumentos en la edad de jubilación y ajustes salariales derivados de la escasez de mano de obra pueden mitigar, aunque no eliminar, el impacto negativo del envejecimiento sobre el balance fiscal. Cho y Lee (2022), analizando 14 países europeos, documentan una respuesta fiscal no lineal al envejecimiento, mientras los países sin crisis fiscales logran mantener superávits primarios ajustados, aquellos con restricciones fiscales severas experimentan un deterioro de su solvencia, principalmente como resultado del aumento del gasto en pensiones y salud. En el caso de Alemania, Kluge (2013) muestra que el impacto fiscal del envejecimiento varía según el nivel de gobierno, afectando de manera más intensa al presupuesto federal y a los sistemas de seguridad social. En América Latina, Miller y Castanheira (2013) proyectan para Brasil un incremento del gasto público desde niveles cercanos al 18 % del PIB hasta aproximadamente el 27 % hacia 2050, con presiones concentradas en pensiones y salud, y crecientes tensiones en la asignación de recursos para educación.

Estas experiencias internacionales ofrecen lecciones relevantes para Colombia, que enfrenta una transición demográfica particularmente acelerada. Analizar de manera integral los efectos macroeconómicos y fiscales de este proceso resulta clave para anticipar riesgos, evaluar la suficiencia de los sistemas de protección social y diseñar estrategias que preserven la sostenibilidad fiscal y el crecimiento económico en el mediano y largo plazo.

Los resultados muestran que el envejecimiento poblacional constituye un desafío estructural para la sostenibilidad fiscal, con implicaciones significativas sobre el crecimiento económico, el déficit fiscal y la trayectoria de la deuda pública. En el escenario base se proyecta un incremento persistente del gasto primario, impulsado principalmente por mayores transferencias asociadas a los sistemas de salud y pensiones. Como resultado, el déficit fiscal primario se amplía de manera significativa hacia 2070 y la deuda del Gobierno Nacional Central (GNC) supera el 180 % del PIB, generando un aumento considerable en el costo de financiamiento soberano. Estos resultados evidencian que, de mantenerse

las tendencias actuales, las presiones fiscales asociadas al envejecimiento podrían comprometer la estabilidad macroeconómica en el largo plazo.

El documento se organiza en seis secciones, además de esta introducción. La segunda sección describe el cambio demográfico en Colombia. La tercera sección presenta los datos utilizados y las fuentes de información empleadas en la calibración del MEGC. La cuarta sección expone en detalle la estructura del MEGC, utilizado en el análisis. La quinta sección presenta los resultados, con énfasis en los efectos macroeconómicos y fiscales del cambio demográfico. La sexta sección evalúa el efecto de distintas medidas de política orientadas a mitigar los impactos negativos del envejecimiento poblacional sobre, el crecimiento económico y el déficit fiscal. Finalmente, la séptima sección sintetiza las principales conclusiones y recomendaciones.

2. El cambio demográfico en Colombia

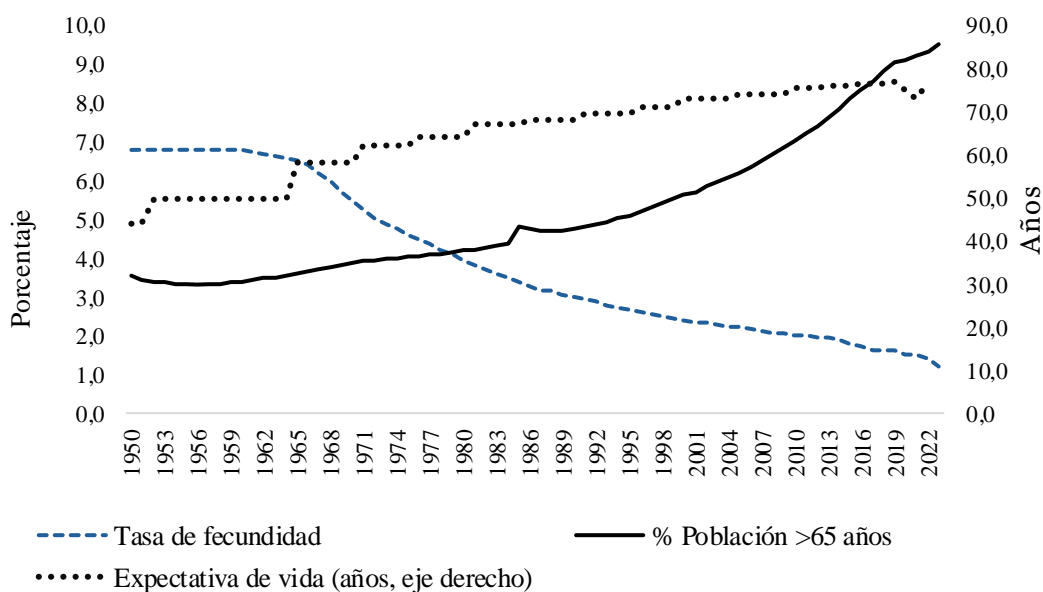
El cambio demográfico que experimenta el país, caracterizado por una marcada reducción de las tasas de fecundidad y un aumento sostenido de la esperanza de vida, si bien era previsible en el largo plazo, se ha acelerado en años recientes, dando lugar a un proceso de envejecimiento poblacional que marca el inicio de una nueva etapa en la dinámica demográfica asociada al fin del bono demográfico. En esta fase, la proporción de personas adultas mayores crece de manera sostenida, mientras disminuye el tamaño relativo de la población en edad productiva. Esta transformación implica que un número cada vez menor de trabajadores deberá financiar, mediante contribuciones laborales y fiscales, a una población creciente que demandará mayores niveles de protección social, servicios de salud y pensiones (Delventhal, Fernández-Villaverde y Guner, 2024; Melo et al., 2023; OCDE, 2024). El incremento de la tasa de dependencia constituye, por tanto, un reto estructural para el gasto público y la sostenibilidad fiscal, al ampliar la brecha entre las crecientes necesidades de financiamiento y los ingresos tributarios disponibles. A su vez, la reducción de la población en edad de trabajar afectará negativamente la producción y, en consecuencia, el recaudo fiscal.

En Colombia, la tasa global de fecundidad (TGF) descendió de 6,8 hijos por mujer en 1950 a cerca de 1,1 en 2024, situándose por debajo del nivel de reemplazo. Al mismo tiempo, la esperanza de vida al nacer aumentó de 49 años en 1950 a 77 años en 2023, con una brecha cercana a seis años a favor de las mujeres (Iregui et al., 2025). Estos cambios se reflejan en el incremento de la proporción de personas mayores de 65 años, que pasó de 3,5 % a 9,5 % en el mismo período (Iregui, Melo, Ramírez y Tribín,

2025) (Gráfico 1). En conjunto, estos indicadores evidencian la magnitud y la velocidad de la transición demográfica colombiana, que ha transformado estructuralmente la pirámide poblacional: de una base amplia y predominantemente joven en 1950 a una estructura más rectangular, proyectada para 2050 y 2070, similar a la observada en países desarrollados.

La caída de la tasa de fecundidad en el largo plazo se explica por múltiples factores interrelacionados. Entre los más relevantes se encuentran i) la urbanización que ha modificado los estilos de vida, incrementado los costos de crianza y facilitado el acceso a servicios de salud reproductiva (Rodríguez Vignoli, 2017; Rowe et al., 2024); ii) el mayor acceso a la educación, ya que las mujeres con educación superior tienden a retrasar la maternidad y a tener menos hijos (Iregui et al., 2025); iii) cambios culturales, en la medida en que la maternidad y la paternidad han dejado de ser “mandatos universales” y cada vez más personas priorizan la estabilidad personal y económica antes de tener hijos (Lesthaeghe, 2020; Ullmann et al., 2014); iv) mayor acceso a métodos anticonceptivos, producto de la expansión de los programas de planificación familiar, aunque persisten brechas importantes en zonas rurales (Profamilia y Ministerio de Salud, 2015); y v) factores económicos, como la precariedad laboral, los altos costos de la vivienda y la limitada disponibilidad de servicios de cuidado infantil, que actúan como desincentivos para la fecundidad (OECD, 2024a; Dettling y Kearney, 2014).

Gráfico 1: Esperanza de vida al nacer, tasa de fecundidad y población mayor de 65 años



Fuente: Iregui, Melo, Ramírez y Tribín (2025) y DANE.

La migración constituye otro factor clave en la configuración demográfica del país. Colombia ha sido históricamente un país emisor: alrededor de 4,7 millones de colombianos residen en el exterior, con un perfil relativamente joven y, en muchos casos, calificado, lo que reduce la población económicamente activa y afecta la base contributiva del sistema pensional (DANE, 2024; Migración Colombia, 2024). En contraste, la inmigración venezolana registrada desde 2010 ha generado un rejuvenecimiento temporal de la población, aunque también ha implicado mayores presiones sobre el gasto social (Melo-Becerra et al., 2020; OCDE, 2024b). A su vez, la migración interna ha reconfigurado la distribución territorial, concentrando la población en áreas metropolitanas como Bogotá, Medellín y Cali, y acelerando el envejecimiento relativo de las zonas rurales (Acosta y Hengyu, 2022; Cuervo et al., 2018).

El cambio demográfico tampoco ocurre de manera homogénea entre regiones. Mientras ciudades como Bogotá, Medellín y Cali registran tasas de fecundidad inferiores a 1,5 hijos por mujer, departamentos como Guainía, Vaupés y La Guajira superan los 2,5. Estas brechas reflejan desigualdades en el acceso a educación y salud sexual y reproductiva, así como diferencias culturales y étnicas (Iregui et al., 2025). En términos agregados, el número de nacimientos cayó 38,1 % entre 2008 y 2024, con descensos particularmente pronunciados en departamentos como Magdalena, Sucre y Vaupés. No obstante, territorios como La Guajira, Vichada y Guainía registran crecimientos acumulados positivos desde 2008, lo que evidencia la coexistencia de regiones que aún atraviesan el bono demográfico con otras en etapas avanzadas de envejecimiento.

3. Datos

La información utilizada para la calibración del modelo proviene de las Cuentas Nacionales y de las Cuentas Económicas Integradas del DANE. Para calibrar la demanda, las tendencias y el balance de las instituciones del sistema de salud se utiliza además información de los Registros Individuales de Prestación de Servicios (RIPS), de la ADRES y de la Superintendencia Nacional de Salud, que permiten definir el balance financiero de las instituciones del sistema. Para el sistema educativo, se emplea información del Ministerio de Educación, el DANE y el Presupuesto General de la Nación. Para el sistema pensional, se incorporan al modelo las condiciones definidas en la Reforma Pensional para los pilares contributivo, semi-contributivo y solidario, junto con sus trayectorias y el comportamiento del régimen de transición, en coherencia con la dinámica poblacional bajo los distintos escenarios demográficos. La información sobre la estructura del mercado laboral y la distribución de ingresos de los hogares proviene de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH).

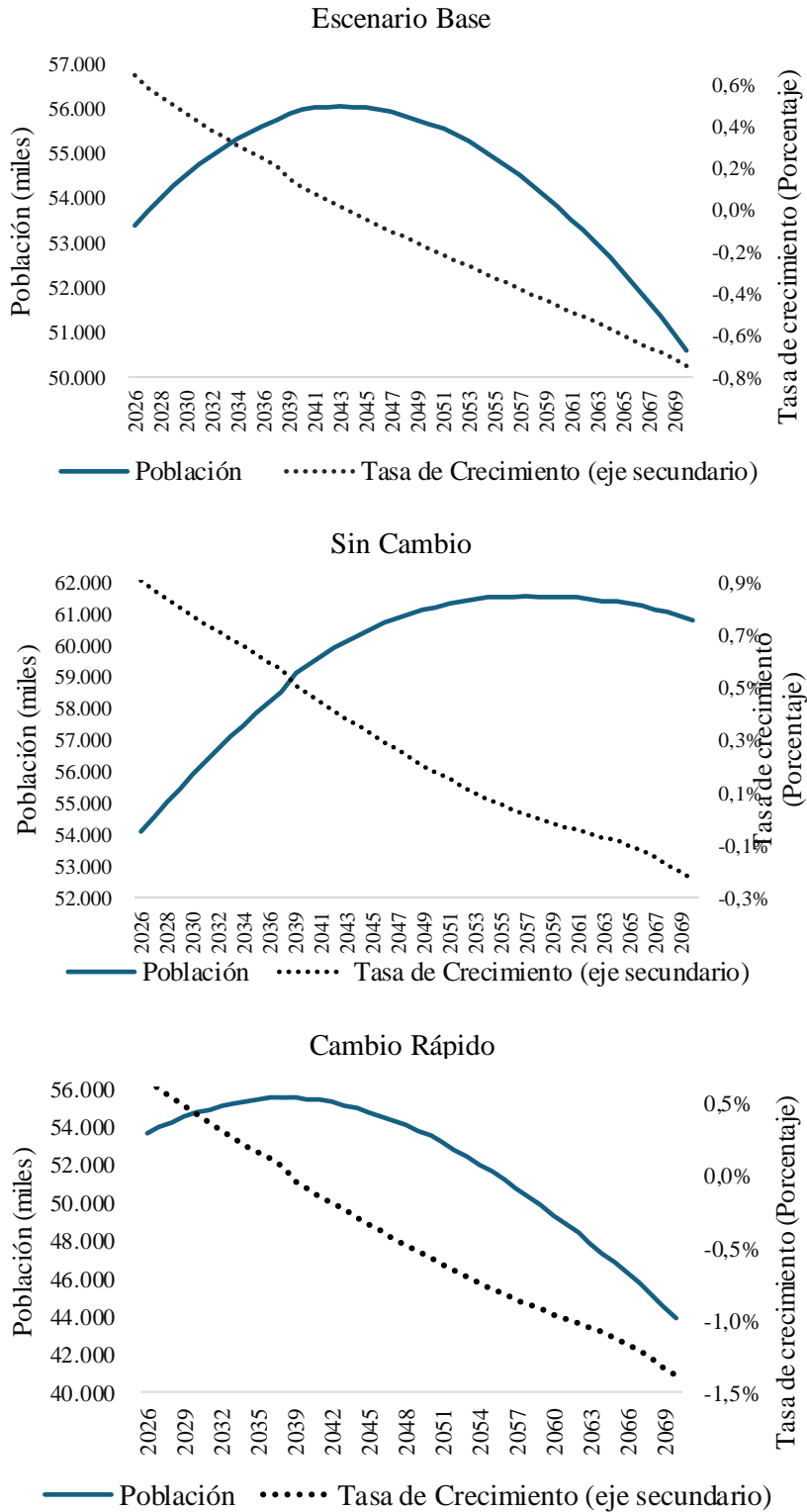
Como se mencionó, el análisis del impacto del cambio demográfico sobre las principales variables macroeconómicas y fiscales se desarrolla a partir de tres escenarios demográficos alternativos¹. La incorporación de estos escenarios responde a la incertidumbre inherente a las proyecciones demográficas de largo plazo. Si bien las tasas de mortalidad tienden a seguir trayectorias relativamente más estables y previsibles, las tasas de fecundidad han registrado variaciones significativas en años recientes y son particularmente sensibles a factores económicos, sociales, culturales y de política pública, lo que dificulta anticipar su comportamiento futuro con precisión.

El primer escenario utiliza las proyecciones oficiales de población elaboradas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2018 y sus actualizaciones más recientes (*Escenario Base*). Bajo este escenario, la población total alcanzaría un máximo de 56,0 millones de personas en 2043 y posteriormente iniciaría una senda descendente, hasta situarse en 50,6 millones en 2070. El segundo escenario supone la ausencia de cambios demográficos estructurales posteriores a 2018. En particular, no incorpora mejoras de largo plazo en la mortalidad y mantiene constantes las tasas de fecundidad en los niveles observados antes del Censo de 2018 para cada departamento (*Escenario sin Cambio*). En este caso, la población continuaría expandiéndose durante un período más prolongado, alcanzando un máximo de 61,5 millones de personas en 2057 y ubicándose en 60,8 millones en 2070. El tercer escenario incorpora una dinámica de transición demográfica más intensa (*Escenario de Cambio Rápido*). Se asume que la tasa de fecundidad de cada departamento converge a un nivel equivalente al proyectado para 2024 menos 0,2 hijos por mujer. Adicionalmente, se incluyen mejoras aceleradas en la mortalidad, diferenciadas por departamento, con reducciones entre 0,3 y 0,8 puntos porcentuales, en línea con la evolución observada entre 2018 y 2022 según el DANE. Bajo estos supuestos, la población alcanzaría un máximo más temprano, de 55,5 millones de personas en 2037, y posteriormente descendería de manera más pronunciada hasta 43,9 millones en 2070.

En los Gráficos 2 y 3 se presentan la trayectoria de la población total y la evolución de las pirámides poblacionales en los tres escenarios considerados. Estos escenarios permiten evaluar la sensibilidad de los resultados macroeconómicos y fiscales frente a distintas trayectorias demográficas plausibles, proporcionando un marco analítico más robusto para el diseño de políticas públicas en un contexto de elevada incertidumbre, particularmente en lo que respecta a la evolución futura de la fecundidad.

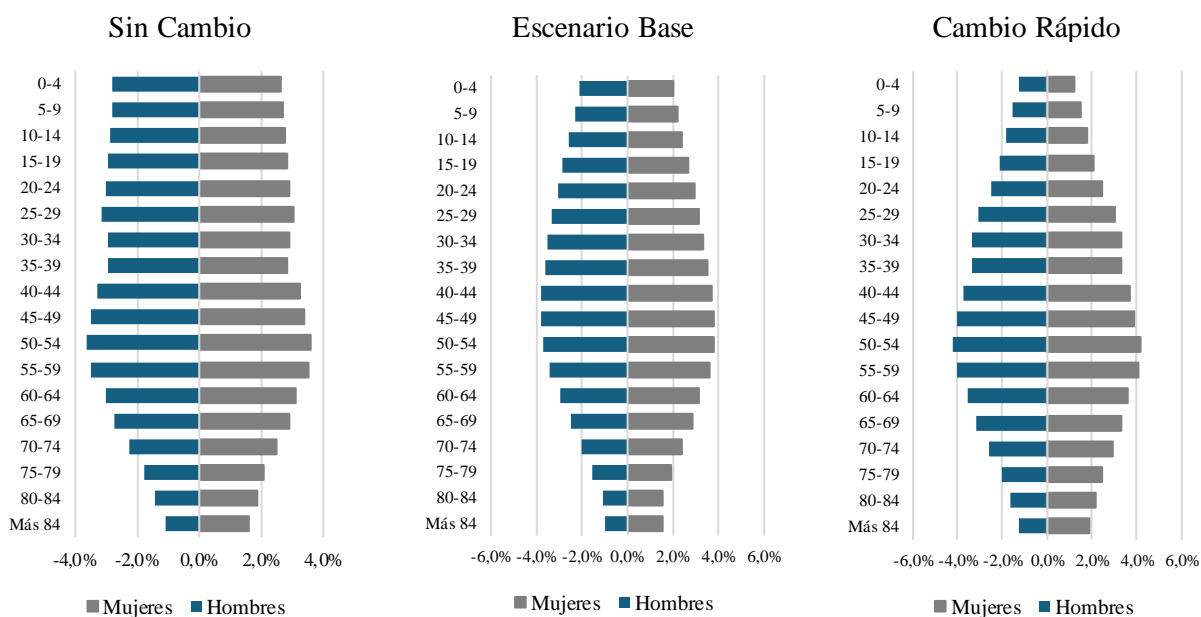
¹ Las proyecciones utilizadas en los dos últimos escenarios fueron elaboradas para el proyecto “Cambio demográfico y sus impactos económicos en Colombia”, Jaramillo-Echeverri et. al. (2026).

Gráfico 2: Población total y tasa de crecimiento anual: comparación de escenarios (2026-2070)



Fuente: Jaramillo-Echeverri et al. (2026).

Gráfico 3: Pirámides poblacionales por escenario de proyección (2050)



Fuente: Jaramillo-Echeverri et al. (2026).

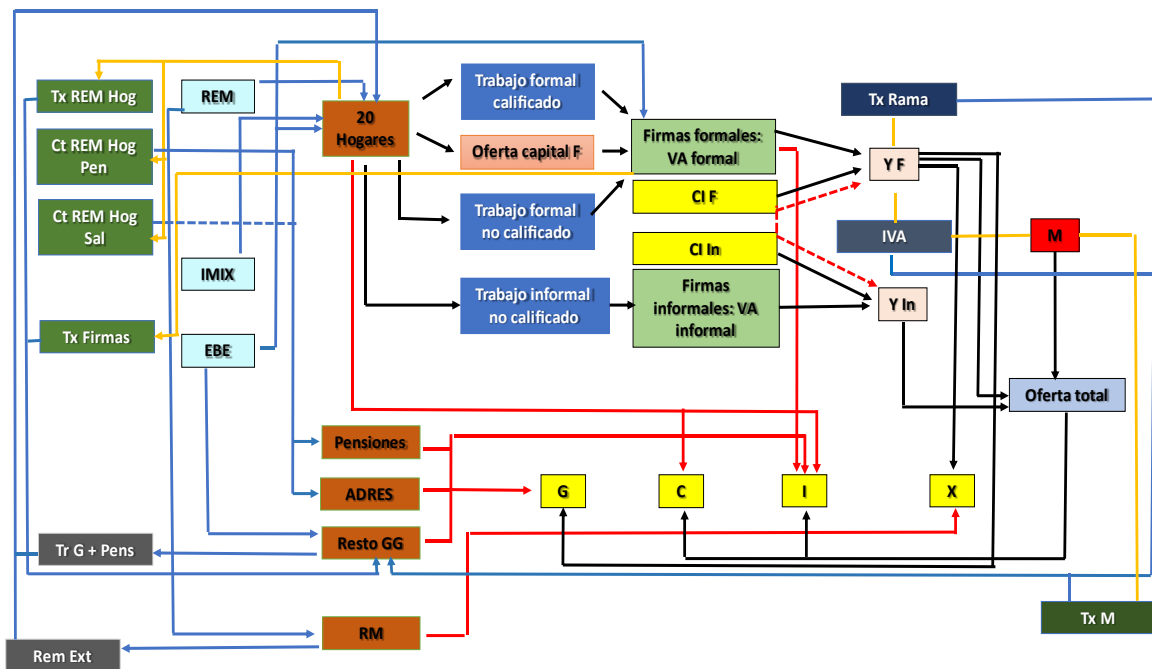
4. Metodología

Para estimar el impacto del cambio demográfico sobre el gasto público, el déficit fiscal, el crecimiento económico y el empleo, se utiliza un Modelo de Equilibrio General Computable (MEGC). El Diagrama 1 presenta las interacciones entre los agentes económicos considerados: hogares, firmas, gobierno y sector externo. Los hogares ofrecen trabajo calificado y no calificado, el cual se combina con capital para generar valor agregado (VA) en el sector formal. Una fracción del trabajo no calificado es empleada por empresas informales, que producen valor agregado informal. La producción total, tanto formal (YF) como informal (Yin), resulta de la combinación del valor agregado y el consumo intermedio (CIF). Solo las empresas formales pagan impuestos sobre la producción y los productos. La oferta agregada está compuesta por la producción total (formal e informal) y las importaciones (M). Esta oferta satisface la demanda agregada, integrada por el consumo de los hogares (C), el consumo del gobierno (GG), la inversión (I) y las exportaciones (X). Los hogares perciben remuneraciones salariales (REM), ingresos mixtos (IMIX) y una proporción del excedente bruto de explotación (EBE), y realizan contribuciones a los sistemas de salud (Ct REM Hog Sal) y pensiones (Ct REM Hog Pen).

El objetivo central del modelo es cuantificar el impacto fiscal del cambio demográfico. Sin embargo, dado que las transformaciones demográficas inciden simultáneamente sobre los sistemas de pensiones,

salud y educación, así como sobre variables macroeconómicas fundamentales, el modelo incorpora sus efectos en el mercado laboral, el crecimiento económico y la productividad. Asimismo, especifica de manera detallada los parámetros que determinan el funcionamiento de los sistemas de salud y pensiones y sus implicaciones sobre los ingresos tributarios, lo que permite identificar los canales a través de los cuales cada sector contribuye a la presión fiscal agregada.

Diagrama 1: Esquema del MEGC



Fuente: Elaborado por los autores.

Con el fin de describir de manera precisa la estructura del modelo, las siguientes subsecciones detallan la desagregación sectorial, la caracterización institucional, la especificación de las funciones de comportamiento de los agentes económicos, el mercado laboral y los sistemas de salud y pensiones. Esta exposición permite comprender los mecanismos de transmisión a través de los cuales el cambio demográfico afecta el equilibrio macroeconómico y las finanzas públicas.

4.1. Especificación ramas, productos e instituciones

El modelo desagrega 13 sectores económicos (i), cada uno con una empresa representativa formal y otra informal, las cuales producen 17 tipos de productos (j). Las firmas formales en su proceso productivo

combinan mano de obra y capital, mientras que las informales se limitan a utilizar mano de obra². El modelo considera las siguientes instituciones: 10 hogares rurales y 10 urbanos ordenados por deciles de ingreso, empresas, resto del mundo y Gobierno General (diferenciando entre GNC, seguridad social en salud (ADRES), seguridad social en pensiones (RPM) y resto de Gobierno General). La fuerza de trabajo ocupada se agrupa entre trabajadores calificados formales, trabajadores no calificados formales y trabajadores no calificados informales.

4.1.1 Modelación de los sectores económicos

En la primera etapa de la función de producción de las empresas formales, el trabajo formal total de cada sector ($tt_{i,t}$) corresponde a la agregación mediante una función CES del trabajo calificado ($tc_{i,t}$) y del trabajo no calificado formal ($tncf_{i,t}$)³:

$$tt_{i,t} = \beta_i \left(\delta_i (ca_{tnc,i,t} tncf_{i,t})^{\left(\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}\right)} + (1 - \delta_i) (ca_{tc,i,t} tc_{i,t})^{\left(\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}\right)} \right)^{\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}\right)}$$

En la segunda etapa, mediante una función CES, las empresas deciden cómo combinar los factores de producción de trabajo formal ($tt_{i,t}$) y capital ($k_{i,t}$), y así obtener el valor agregado formal ($va_{i,t}$):

$$va_{i,t} = \beta_{v,i} \left[\delta_{v,i} tt_{i,t}^{\left(\frac{\sigma_{v,i}-1}{\sigma_{v,i}}\right)} + (1 - \delta_{v,i}) (ca_{k,i} k_{i,t})^{\left(\frac{\sigma_{v,i}-1}{\sigma_{v,i}}\right)} \right]^{\frac{\sigma_{v,i}}{\sigma_{v,i}-1}}$$

Finalmente, en la tercera etapa, las empresas agregan en una función tipo *Leontief*, las compras intermedias, el valor agregado y los impuestos que pagan durante el proceso productivo para la obtención de su producción total formal ($y_{i,t}$):

$$py_{i,t} y_{i,t} = \left(pva_{i,t} va_{i,t} + \sum_1^{14} pxc_{j,t} y_{i,t} io_{j,i,t} \right) (1 + ivar_{i,t})$$

Por su parte, las empresas informales solo combinan las compras intermedias informales con el valor agregado informal (el cual corresponde al factor de trabajo no calificado informal ($tnci_{i,t}$) para así, obtener su producción total informal ($yi_{i,t}$):

² Este supuesto obedece a que las Cuentas Nacionales no discriminan el Excedente Bruto de Explotación informal.

³ La nomenclatura completa de las variables y parámetros se encuentra en el Anexo 1.

$$pyi_{i,t}y_{i,t} = pvai_{i,t}vai_{i,t} + \sum_{i=1}^{14} pxc_{j,t}y_{i,t}io_{j,i,t}$$

4.1.2 Modelación de los productos

La producción total de las empresas formales e informales se distribuye entre 17 tipos productos ($yd_{j,t}$) que circulan en la economía, de acuerdo con la matriz de producción ($mp_{i,j,t}$):

$$pyd_{j,t}yd_{j,t} = \sum_1^{17} mp_{i,j,t}pyd_{j,t}y_{i,t}$$

No obstante, las empresas formales son las únicas que deciden, mediante una función CET, entre exportar ($x_{j,t}$) su producto o comercializarlo a nivel nacional ($d_{j,t}$):

$$yd_{j,t} = \beta_{c,j} \left[\delta_{c,j} x_{j,t} \left(\frac{\sigma_{c,j}-1}{\sigma_{c,j}} \right) + (1 - \delta_{c,j}) d_{j,t} \left(\frac{\sigma_{c,j}-1}{\sigma_{c,j}} \right) \right]^{\frac{\sigma_{c,j}}{\sigma_{c,j}-1}}$$

Las exportaciones de los productos petroleros y de refinería se suponen exógenas, con su respectivo precio, es decir, no hay decisión sobre cuántas exportaciones sustituir por ventas domésticas o viceversa; simplemente, el excedente del producto total que no se exporta, será vendido internamente en el país. Por su parte, el precio en dólares de las exportaciones se define como $px_{j,t} = pwx_{j,t}er_t$, donde er es la tasa de cambio. Para representar la demanda global de exportaciones, se emplea una función Armington (1969). Se asume que todas las exportaciones nacionales de petróleo y productos refinados (definidas como exógenas), son demandados en el exterior. Mientras que, la senda de expansión derivada de la optimización de la demanda de exportaciones no petroleras tanto del resto del mundo como de la economía nacional está definida por:

$$\frac{x_{iis,t}}{xt_{iis,t}} = \left(\frac{\delta_{e,iis}pwx_{iis,t}}{(1 - \delta_{e,iis})pwx_{iis,t}} \right)^{\sigma_{e,iis}}$$

Así mismo, utilizando una función Armington (1969), se modela el producto compuesto, el cual resulta de la agregación de la demanda total interna de bienes importados y producidos localmente:

$$xc_{j,t} = \beta_{m,j} \left[\delta_{m,j} m_{j,t} \left(\frac{\sigma_{m,j}-1}{\sigma_{m,j}} \right) + (1 - \delta_{m,j}) d_{j,t} \left(\frac{\sigma_{m,j}-1}{\sigma_{m,j}} \right) \right]^{\frac{\sigma_{m,j}}{\sigma_{m,j}-1}}$$

Por su parte, el precio en dólares de las importaciones incluyendo el pago de aranceles es:

$$pm_{j,t} = pwm_{j,t}(1 + aran_{j,t})er_t$$

Por último, los productos que circularán en la economía interna serán aquellos que demanden los consumidores, tanto del producto informal ($yi_{i,t}$) como del formal ($y_{i,t}$). La senda de expansión de la función CES relacionada con esta demanda es:

$$\frac{yi_{i,t}}{y_{i,t}} = \left(\frac{\delta_{d,i} pxc_{j,t}}{(1 - \delta_{d,i}) py_{j,t}} \right)^{\sigma_{d,i}}$$

Después de establecer la oferta de todos los sectores económicos, se procede a determinar la demanda agregada:

$$pxc_{j,t}(c_{j,t} + g_{j,t} + inv_{j,t} + v_{j,t} + zinv_{j,t}) = (1 + iva_{j,t})(pm_{j,t}m_{j,t} + pd_{j,t}d_{j,t})$$

4.2. Mercado laboral y capital humano

En el mercado laboral, el modelo distingue tres segmentos: trabajo calificado, trabajo no calificado asalariado y trabajo no calificado no asalariado, este último asociado al sector informal, lo que permite capturar la heterogeneidad estructural del mercado laboral y sus implicaciones macroeconómicas y fiscales. El segmento no calificado asalariado se modela como un mercado de precio fijo, en el que el salario mínimo actúa como un precio exógeno y el ajuste ante desbalances entre oferta y demanda se realiza vía cantidades, reflejándose en una tasa de desempleo endógena. En contraste, los mercados de trabajo calificado y no calificado no asalariado operan con precios flexibles, de modo que los salarios se ajustan para equilibrar la oferta y la demanda, condicionados a la existencia de desempleo friccional.

4.2.1 Oferta de trabajo

La población en edad de trabajar (PET) se clasifica en dos categorías: calificada y no calificada, de manera similar a la población económicamente activa (PEA). La tasa de crecimiento de la PET total es exógena, y corresponde a las proyecciones poblacionales elaboradas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) basadas en el Censo Nacional de Población 2018, y de las proyecciones de los escenarios sin cambio demográfico y con cambio demográfico rápido. En cuanto a la función de utilidad, se utiliza un sistema lineal de gasto que abarca el ocio tanto de los trabajadores calificados como no calificados, además del consumo una vez alcanzado el consumo de subsistencia:

$$U_{hog,t} = \sum_{hog=1}^{20} \left(\sum_{j=1}^{17} m_j \ln(c_{j,hog,t} - \bar{c}_{j,hog,t}) + \gamma_1 \ln(PETC_{hog,t} - PEAC_{hog,t}) + \gamma_2 \ln(PETNC_{hog,t} - PEANC_{hog,t}) \right)$$

En la restricción presupuestaria de los hogares se especifica el ahorro sobre el ingreso laboral recibido, junto con otros ingresos, después de descontar el valor que pagan por su consumo de subsistencia. Asimismo, se establece que el ingreso disponible se destina por completo a pagar el valor del consumo después de alcanzar el consumo de subsistencia:

$$(1 - m_0) \left(E(WC_{hog,t}) \cdot PEAC_{hog,t} + E(WNC_{hog,t}) \cdot PEANC_{hog,t} + OING_{hog,t} - \sum_{j=1}^{17} pxc_j \bar{c}_{j,hog,t} \right) = \sum_{j=1}^{17} pxc_{j,t} c_{j,hog,t} - \sum_{j=1}^{17} pxc_{j,t} \bar{c}_{j,hog,t}$$

4.2.2 Mercado de trabajo calificado

Resolviendo el problema de maximización de los hogares calificados, se llega a que la oferta de trabajo óptima que seleccionan es:

$$PEAC_{hog,t} = PETC_{hog,t} - \frac{\gamma_1 (ydips_{hog,t} - ysub_{hog,t})}{E(WC_{hog,t})}$$

Aquí, el salario esperado de los hogares calificados corresponde a la proporción de la masa salarial que recibe cada persona de la PEA calificada:

$$E(WC_{hog,t}) = \frac{\sum_1^{17} (wc_{i,t} t c_{i,t})}{PEAC_{hog,t}}$$

Por lo tanto, el desempleo calificado será: $desem_{c,hog,t} = 1 - \frac{\sum_1^{17} (tc_{i,t})}{PEAC_{hog,t}}$. El salario $wc_{i,t}$ diferencial para cada rama se define en el equilibrio de la oferta y la demanda de trabajo calificado en cada rama.

4.2.3. Mercados de trabajo no calificado

El problema de la decisión de oferta de trabajo no calificado ($PEANC_{hog,t}$) se resuelve de la misma forma que la oferta de trabajo calificado, con la diferencia de que también implica la agregación de la decisión de oferta de trabajo no calificado formal e informal:

$$PEAN_{hog,t} = PEANF_{hog,t} + PEANI_{hog,t}$$

El salario esperado de los no calificados será la proporción de la masa salarial que recibe cada persona de la PEA no calificada:

$$E(WNC_{hog,t}) = \frac{\sum_1^{17} (WNCF_{i,hog,t} tncf_{i,hog,t} + WNCI_{i,hog,t} tnci_{i,hog,t})}{PEAN_{hog,t}}$$

Los hogares no calificados deciden sobre si ofrecer su trabajo en el sector formal o informal de acuerdo con una función CET cuya senda de expansión es:

$$\frac{PEANI_{hog,t}}{PEANF_{hog,t}} = \left(\frac{(\delta_t WNCF_{hog,t} (1 - desem_{ncf,hog,t}))}{(1 - \delta_t) WNCI_{hog,t}} \right) \sigma_t$$

Las personas no calificadas que elijan el sector informal encontrarán trabajo de manera inmediata, lo que implica que dicho sector no tiene desempleo. En cambio, aquellas personas no calificadas que opten por ofrecer su trabajo en el sector formal podrían conseguir empleo de manera inmediata o podrían sumarse a la población desempleada de este sector, cuya tasa de desempleo será:

$$desem_{ncf,hog,t} = \frac{\sum_{hog=1}^{20} (PEANF_{hog,t}) - tncf_{i,hog,t}}{PEANF_{hog,t}}$$

El precio del trabajo no calificado formal ($WNCF$) corresponderá al salario mínimo ($wmncx$) de la economía: $WNCF_{i,hog,t} = wmncx_t$. Mientras que el del no calificado informal será el salario promedio que reciben los ocupados no calificados informales: $wsnci_{i,t} = \frac{wnci_{i,t} tnci_{i,t}}{tnci_{i,t}}$.

4.2.4. Calibración mercado laboral y del capital humano

En el MEGC, la dinámica de la oferta laboral depende no solo del tamaño agregado de la PET, sino también de su composición por nivel de cualificación. Esta distinción es fundamental, dado que los trabajadores cualificados y no cualificados difieren en productividad, salarios relativos, patrones sectoriales de empleo y elasticidades de sustitución. En este contexto, la acumulación de capital humano constituye un mecanismo central de transmisión de la política pública hacia el desempeño macroeconómico.

En esta sección se modela la transición educativa dentro de la PET, específicamente el paso desde el estado de “no cualificado” al de “cualificado”, con el fin de proveer al MEGC una trayectoria consistente de la oferta laboral diferenciada por nivel de cualificación. Para ello, se propone un proceso estocástico parsimonioso con una cadena de Markov en tiempo discreto con dos estados, cuyo parámetro clave es la probabilidad anual de transición hacia la cualificación.

4.2.4.1. Datos y definición operativa de estados

La fuente principal de información es la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) del DANE. Dado que la GEIH no sigue individuos longitudinalmente, sino que corresponde a cortes transversales repetidos, la estrategia empírica se apoya en la construcción de pseudo-paneles por cohortes y en el uso de frecuencias relativas para aproximar transiciones interanuales.

Para fines operativos, la PET se divide en dos estados mutuamente excluyentes:

- *PET no cualificada* PET^{NC} : individuos en edad de trabajar que no han alcanzado educación superior (bajo el criterio operativo de cualificación definido por el estudio).
- *PET cualificada* PET^C : individuos que alcanzaron un nivel de educación superior (técnico profesional o superior), interpretado como acumulación de capital humano formal.

Un hecho estilizado particularmente relevante para Colombia, consistente con la evidencia presentada más adelante, es que la proporción de población cualificada ha mostrado una tendencia creciente durante la última década, con aumentos especialmente pronunciados en episodios específicos, como el observado durante la pandemia. Este comportamiento sugiere que la transición educativa no es invariante en el tiempo, sino que responde a cambios institucionales, restricciones del entorno e incentivos económicos.

Más allá de su uso convencional para la construcción de indicadores del mercado laboral y la caracterización de hechos estilizados, la GEIH constituye un insumo fundamental para estimar empíricamente las probabilidades de transición entre estados educativos. Esto permite vincular dichas probabilidades con variables de política educativa, como gasto, cobertura o acceso, y, en consecuencia, habilita ejercicios de simulación y estática comparativa dentro del marco del MEGC, fortaleciendo el vínculo entre la evidencia microeconómica y el análisis macroestructural.

4.2.4.2 Modelo de transición de PET no cualificada a cualificada

La transición de individuos desde el estado no cualificado al estado cualificado dentro de la PET se modela mediante una cadena de Markov en tiempo discreto, donde la obtención de educación superior define el cambio de estado. Este enfoque permite representar de manera parsimoniosa el proceso de acumulación de capital humano en el tiempo. Las probabilidades de transición se estiman empíricamente mediante modelos *Logit* agregados, en los cuales la probabilidad anual de cualificación depende de variables macroeconómicas asociadas a políticas educativas. Estas probabilidades estimadas se integran de forma consistente en el MEGC, de modo que las trayectorias proyectadas de la fuerza laboral cualificada inciden directamente sobre la oferta de trabajo efectiva, la productividad agregada y, en última instancia, los resultados macroeconómicos de largo plazo.

Cadenas de Markov y matriz de transición

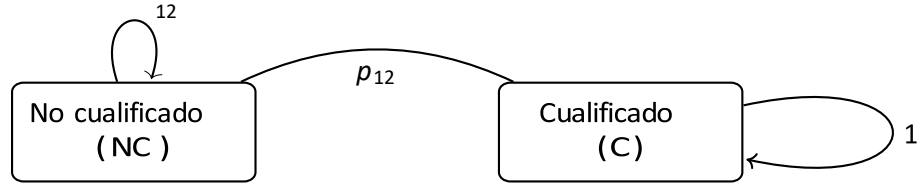
Una cadena de Markov en tiempo discreto es una secuencia de variables aleatorias $\{X_n\}_{n \geq 0}$ definidas sobre un espacio de probabilidad, donde cada X_n toma valores en un conjunto finito de estados $S = \{NC, C\}$, correspondientes a las condiciones “no cualificado” y “cualificado”. La propiedad clave es la de Markovianidad, que establece que el proceso no tiene memoria más allá del estado actual:

$$\mathbb{P}(X_{n+1} = j \mid X_n = i, X_{n-1}, \dots, X_0) = \mathbb{P}(X_{n+1} = j \mid X_n = i)$$

Esta propiedad permite representar la dinámica de cualificación mediante una estructura probabilística parsimoniosa, eliminando la necesidad de observar trayectorias individuales completas. La evolución del proceso se especifica mediante una matriz de transición $P = (p_{ij})$, donde:

$$p_{ij} = \mathbb{P}(X_{n+1} = j \mid X_n = i), \quad \text{con} \quad \sum_{j \in S} p_{ij} = 1$$

En el modelo aplicado, se considera la siguiente forma estructural de matriz de transición para dos estados: $P = \begin{pmatrix} 1 - p_{12} & p_{12} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, donde $p_{12} = \mathbb{P}(X_t = C \mid X_{t-1} = NC)$ representa la probabilidad de transición de no cualificado a cualificado, mientras que el estado “cualificado” es absorbente, es decir, no se regresa al estado anterior ($\mathbb{P}(X_t = NC \mid X_{t-1} = C) = 0$).



Nota: El estado “Cualificado (C)” es absorbente: una vez alcanzado, el individuo permanece en dicho estado con probabilidad 1.

Un estado j es absorbente si:

$$\mathbb{P}(X_{n+1} = j \mid X_n = j) = 1$$

En este modelo, el estado “cualificado” (C) es absorbente debido a la naturaleza irreversible del proceso de acumulación de capital humano bajo el criterio de título. Esta asunción es coherente con el hecho empírico de que, una vez alcanzado cierto nivel educativo formal (técnico profesional o superior), este no se pierde en la trayectoria educativa ni en la información capturada por las encuestas de la GEIH⁴.

4.2.4.3. Estimación empírica por conteo de frecuencias

En ausencia de seguimiento longitudinal individual, como en la GEIH, las probabilidades de transición entre estados laborales se estiman mediante pseudo-paneles por cohortes construidos a partir de cortes transversales repetidos. Estas probabilidades se calculan como frecuencias relativas de transición entre periodos consecutivos, según el estimador $\hat{p}_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i}$, donde n_{ij} denota el número de individuos de una cohorte que transitan del estado i en $t - 1$ al estado j en t , y n_i el total de individuos en el estado i en $t - 1$. Bajo supuestos de homogeneidad condicional dentro de las cohortes y estabilidad intertemporal del proceso de transición, este procedimiento proporciona aproximaciones consistentes de las probabilidades verdaderas, como ha sido ampliamente documentado en la literatura econométrica.

De esta forma, la dinámica de cualificación se formaliza como una cadena de Markov en tiempo discreto $(X_n)_{n \geq 0}$ con espacio de estados $S = \{NC, C\}$, donde NC representa el estado no cualificado y C el estado cualificado, asumido como absorbente, esto es, $\mathbb{P}(X_{n+1} = C \mid X_n = C) = 1$, y alcanzable desde NC con

⁴ Aunque la obtención de un título de educación superior suele marcar la transición al estado de trabajador cualificado, la literatura en economía del capital humano advierte que dicha cualificación no es irreversible ni estática. Diversos estudios han documentado que el capital humano está sujeto a procesos de depreciación, ya sea por obsolescencia derivada del cambio técnico (Weiss, 1995), por inactividad prolongada o salida del mercado laboral (Mincer y Ofek, 1982), o por falta de actualización en contextos de alta innovación tecnológica (Becker, 1993). Estos factores pueden erosionar progresivamente las habilidades adquiridas, reduciendo la productividad efectiva del individuo incluso si conserva credenciales formales.

probabilidad positiva, es decir, existe $n \in \mathbb{N}$ tal que $\mathbb{P}(X_n = C \mid X_0 = NC) > 0$, lo que proporciona un marco parsimonioso y consistente para modelar la acumulación de capital humano e integrarla en ejercicios de equilibrio general computable de largo plazo.

4.2.4.4. Convergencia estocástica de la cualificación como resultado estructural

La dinámica de transición educativa entre los estados “no cualificado” (NC) y “cualificado” (C) se modela mediante una cadena de Markov en tiempo discreto con espacio de estados finito $S = \{NC, C\}$, bajo el supuesto estructural de que el estado “cualificado” es absorbente, es decir, $\mathbb{P}(X_{n+1} = C \mid X_n = C) = 1$, mientras que el estado “no cualificado” es transitorio, en el sentido de que existe al menos un $n \in \mathbb{N}$ tal que $\mathbb{P}(X_n = C \mid X_0 = NC) > 0$. Bajo estas condiciones, el proceso satisface la propiedad de accesibilidad al estado absorbente y, por el teorema de absorción, la probabilidad de cualificación converge estocásticamente a uno, esto es, $\lim_{n \rightarrow \infty} \mathbb{P}(X_n = C \mid X_0 = NC) = 1$.

Bajo condiciones estructurales estables, como políticas educativas sostenidas, ampliación de la cobertura y continuidad institucional, la proporción de individuos que transita hacia la cualificación tiende a incrementarse en el tiempo, interpretándose la acumulación de capital humano como una dinámica convergente en sentido probabilístico. No obstante, esta convergencia debe entenderse como una propiedad del modelo teórico bajo supuestos ideales de persistencia y accesibilidad, y no como una predicción literal, dado que en la práctica existen restricciones institucionales, sociales y demográficas que limitan la cualificación plena de la población en edad de trabajar. En este sentido, la estructura *markoviana* con estado absorbente proporciona una base teórica robusta y parsimoniosa para analizar procesos de acumulación de capital humano e integrarlos en ejercicios de simulación, proyección y evaluación de políticas públicas de largo plazo.

4.2.4.5. Probabilidades de transición

En el modelo, la transición de trabajadores desde el estado no cualificado al estado cualificado se estima mediante un enfoque estructural basado en una regresión lineal aplicada a la transformación logística (*log-odds*) de las probabilidades agregadas de transición por cohortes, donde la variable dependiente es una medida continua construida a partir de frecuencias relativas observadas en cada cohorte anual, lo que permite utilizar técnicas de estimación no-lineal y de máxima verosimilitud sobre datos agregados. El objetivo del ejercicio es proyectar la probabilidad agregada de cualificación formal dentro de la PET, y no reproducir trayectorias individuales completas, razón por la cual la inclusión de la muerte como

estado absorbente se considera exógena al modelo estimativo y se incorpora, cuando es necesario, en módulos demográficos complementarios o en estructuras más amplias como simulaciones poblacionales o MEGC, garantizando así la consistencia metodológica con la granularidad de los datos disponibles y el propósito analítico del estudio.

$$P(NC \rightarrow C)_t = \frac{\exp(Z_t)}{1 + \exp(Z_t)}; \quad Z_t = \ln\left(\frac{P_t}{1 - P_t}\right)$$

$$Z_t = \theta_0 + \theta_1\left(\frac{G_t}{Y_t}\right) + \theta_2\Delta COB_t + \theta_3 EFECTO_t^{BECAS}$$

El empleo de variables macroeconómicas para explicar la dinámica de cualificación —como el gasto en educación como proporción del PIB (G/Y), la variación de la cobertura bruta en educación superior (ΔCOB) y una variable dicotómica asociada a programas de becas, es metodológicamente consistente en ausencia de datos longitudinales individuales. Ello se debe a que las decisiones de inversión en capital humano responden al entorno agregado que enfrentan las cohortes, tal como documentan de la Fuente y Doménech (2015) y Heckman, Lochner y Todd (2006). Operativamente, la Población en Edad de Trabajar (PET) se divide en dos estados mutuamente excluyentes: cualificados (PET^C) y no cualificados (PET^{NC}). Dado que la cualificación se asume como un estado absorbente, la matriz de transición markoviana incorpora las restricciones $\mathbb{P}(PET^C | PET^C) = 1$ y $\mathbb{P}(PET^{NC} | PET^C) = 0$, de modo que la dinámica agregada queda determinada por el flujo neto desde el estado no cualificado hacia el cualificado. El Cuadro 1 presenta los parámetros estimados que vinculan la probabilidad de transición hacia el estado cualificado con el gasto en educación como porcentaje del PIB (θ_1), la variación de la cobertura bruta en educación superior (θ_2) y una variable dicotómica asociada al efecto de programas de becas (θ_3). El término θ_0 corresponde al intercepto del modelo.

Cuadro 1: Parámetros estimados del modelo *Logit*

Parámetros	Coefficientes
θ_0	-11.698 **
θ_1	118.669 **
θ_2	70.235 **
θ_3	1.315 **

Nota: (***) $p < 0.01$, (**) $p < 0.05$

Fuente: Elaboración propia con datos de la GEIH – DANE

Los coeficientes fueron estimados mediante el método de máxima verosimilitud. En conjunto, los resultados muestran que las variables de política educativa consideradas presentan coeficientes estadísticamente significativos y con signo positivo, lo que sugiere una asociación favorable entre mayor esfuerzo fiscal, expansión de cobertura y presencia de incentivos económicos, y la probabilidad de transición desde la PET no calificada hacia la calificada.

Los resultados del modelo muestran que un mayor gasto público en educación como proporción del PIB genera incentivos para la cualificación de la población, en particular mediante la ampliación de la educación superior, lo que incrementa la proporción de trabajadores cualificados en el corto y mediano plazo. En términos económicos, los signos y magnitudes estimados son consistentes con esta interpretación: mayores niveles de gasto educativo y aumentos de cobertura se asocian con una mayor probabilidad de transición hacia la cualificación, y los programas de becas operan como un incentivo adicional. No obstante, este efecto tiende a atenuarse en el largo plazo debido a la transición demográfica, ya que la reducción del tamaño relativo de las cohortes jóvenes limita el flujo de nuevos individuos hacia el sistema educativo, incluso en un escenario de mayor gasto por estudiante.

El análisis de efectos marginales, basado en el efecto marginal promedio del modelo logístico, refuerza esta lectura y permite cuantificar el impacto de las variables de política sobre la probabilidad de cualificación: un aumento de 1 punto porcentual en el gasto en educación como porcentaje del PIB incrementa la probabilidad de transición en aproximadamente 0.0146 p.p.; la implementación de programas de becas eleva dicha probabilidad en cerca de 0.028 p.p.; y un aumento de 1 p.p. en la cobertura educativa interanual incrementa la probabilidad en alrededor de 0.0087 p.p., confirmando el papel de las políticas educativas en la acumulación de capital humano.

Con estas estimaciones se construye la trayectoria histórica y proyectada de $p_{12,t}$. La evidencia descrita indica que la probabilidad histórica promedio ronda en 0.014 ($\approx 1.4\%$ anual), con picos en 2020–2021 cercanos a 0.0471, interpretados como un episodio excepcional asociado a COVID-19, a incentivos (por ejemplo, matrícula cero) y a cambios en el uso del tiempo. Para el período 2022–2070, bajo supuestos de gasto público cercano al 5% del PIB y aumentos de cobertura de aproximadamente 0.5 p.p. por año, y en ausencia de choques de cualquier otra índole, la probabilidad proyectada se ubica alrededor de 0.0055 anual.

Una vez estimada la probabilidad de transición, se aplica la ecuación dinámica del sistema para actualizar la distribución de la PET entre no cualificados y cualificados. El resultado agregado es una tasa de cualificación creciente: según lo reportado, pasa de cerca de 20% en 2011 a alrededor de 30% en 2024, con aumentos notables en 2013 y durante la pandemia. Estas trayectorias se incorporan al MEGC para la calibración de la oferta laboral por cualificación y para la proyección de la Tasa General de Participación (TGP) por composición.

En el Gráfico 4 se muestran los resultados de las probabilidades de transición basadas en la cadena de Markov. Como se puede observar en el panel A del gráfico los valores rondan alrededor de una media de 0,014, indicando que año tras año hay una probabilidad de 1.4% de que una persona que no se encuentra cualificada, pase a estar cualificada evidenciando picos como es el caso de los años 2020 – 2021 donde se registraron un nivel de probabilidad 0.0471 asegurando que durante ese periodo de tiempo por COVID–19, hubo un número mayor de personas que pasaron a cualificarse debido a las políticas e incentivos como lo fueron matrícula cero y las circunstancias asociadas al confinamiento y el uso del tiempo. Por otro lado, el panel B del gráfico muestra la proyección de la probabilidad de transición desde el año 2022 hasta el año 2070. Para realizar las proyecciones, se tomó en cuenta un nivel de gasto público como porcentaje del PIB alrededor del 5% basándose en el nivel promedio, y un incremento de la cobertura en 0.5 p.p. año tras año aproximadamente. Estos resultados sugieren que, la proyección de la probabilidad de transición hasta el 2070 es de 0.0055 anual.

Gráfico 4: Probabilidad de Transición

Panel A: Evolución histórica, 2011 - 2023

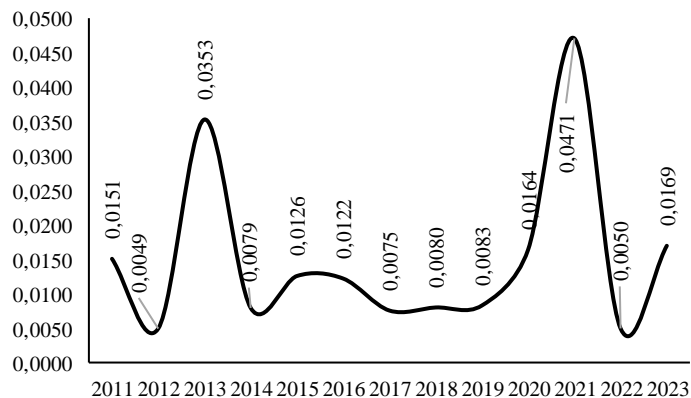
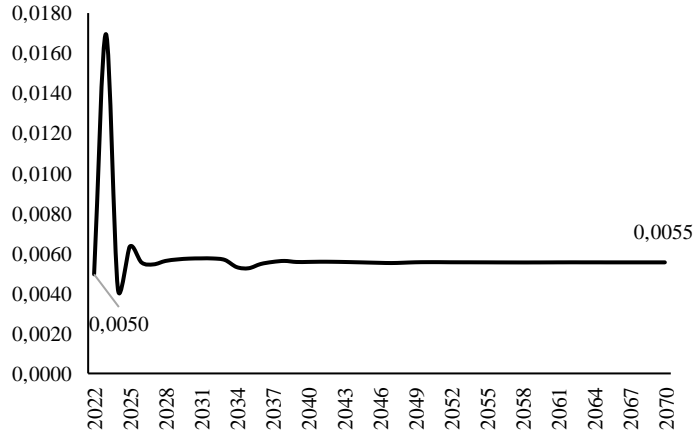


Gráfico 4: Probabilidad de Transición (Cont.)

Panel B: Proyección, 2022 - 2070



Fuente: Elaboración propia de los autores (GEIH, DANE).

4.3. Ingreso disponible de los agentes

4.3.1 Hogares

La parte que corresponde de la distribución del ingreso factorial a los hogares incluye los salarios que se pagan a cada decil de ingreso calificado y no calificado formal e informal, y su participación en las rentas de capital:

$$yfac_{hog,t} = wc_{hog,t}tc_{hog,t} + wncf_{hog,t}tncf_{hog,t} + wnci_{hog,t}tnci_{hog,t} + sharek_{hog} \sum_1^{17} (r_{i,t}k_{i,t})$$

La tasa del impuesto al ingreso y la riqueza que pagan los deciles de hogares (formales) se calcula sobre la base imponible, que consiste en los salarios netos después de deducir las contribuciones a la seguridad social, más las rentas de capital, las remesas y las rentas de propiedad que reciben de las empresas:

$$impues_{hog,t} = timp_{hog,t} \left[wc_{hog,t}tc_{hog,t}(1 - tcssc_{hog} - tcsssc_{hog}) + wncf_{hog,t}tncf_{hog,t}(1 - tcssncf_{hog} - tcssncf_{hog}) + sharek_{hog} \sum_1^{17} (r_{i,t}k_{i,t}) + remesas_{hog,t}er_t + shareint_{hog,t}tint_{emp,t}yfac_{emp,t} \right]$$

El ingreso disponible de los deciles de hogares comprende el ingreso factorial previamente calculado, los dividendos y las rentas de propiedad recibidos de las empresas, las remesas, las prestaciones de seguridad social otorgadas por cada entidad del Gobierno General (GG) y las empresas, así como las

transferencias monetarias recibidas del Gobierno. A estos ingresos se les resta el impuesto sobre la renta y las contribuciones a la seguridad social de todos los tipos de trabajadores y por deciles de hogares:

$$\begin{aligned}
ydisp_{hog,t} = & yfac_{hog,t} + shareint_{hog,t}yfac_{emp,t}tint_{emp,t} + sharediv_{hog,t}yfac_{emp,t}tdiv_{emp,t} \\
& + remesas_{hog,t}er_t + sharepss_{hog,t}\left(\sum_1^4(pss_{gob,t}) + pss_{emp,t}\right) + trans_{hog,t} - impues_{hog,t} \\
& - wc_{hog,t}tc_{hog,t}(tcssc_{hog} + tcsssc_{hog}) - wncf_{hog,t}tncf_{hog,t}(tcssncf_{hog} + tcsssnf_{hog}) \\
& - wnci_{hog,t}tnci_{hog,t}(tcssnci_{hog} + tcsssnf_{hog})
\end{aligned}$$

4.3.2 Empresas

La parte que corresponde de la distribución del ingreso factorial a las empresas se limita a su participación en las rentas de capital:

$$yfac_{emp,t} = sharek_{emp} \sum_1^{17} (r_{i,t}k_{i,t})$$

La tasa del impuesto al ingreso y la riqueza que pagan las empresas formales se calcula sobre la base gravable, es decir, sobre el ingreso factorial después de pagar rentas de propiedad a los hogares e intereses al exterior:

$$impues_{emp,t} = timp_{emp,t} [yfac_{emp,t} (1 - tint_{emp,t} - tint_{rm,t})]$$

El ingreso disponible de las empresas comprende el ingreso factorial calculado previamente, más los intereses de deuda interna que paga el GG, una proporción de las contribuciones a la seguridad social realizadas por los deciles de hogares. Se descuentan el impuesto al ingreso y la riqueza, los dividendos entregados a los hogares y al gobierno, las rentas de propiedad abonadas a los hogares y al resto del mundo, así como las prestaciones de seguridad social⁵ y las transferencias entregadas⁶:

$$\begin{aligned}
ydisp_{emp,t} = & yfac_{emp,t} + tii_{gob,t} \sum_1^4 (deudai_{gob,t}) \\
& + css_{emp,t} (wc_{hog,t}tc_{hog,t}(tcssc_{hog} + tcsssc_{hog}) + wncf_{hog,t}tncf_{hog,t}(tcssncf_{hog} \\
& + tcsssnf_{hog}) + wnci_{hog,t}tnci_{hog,t}(tcssnci_{hog} + tcsssnf_{hog})) - impues_{emp,t} \\
& - yfac_{emp,t} \left(tdiv_{emp,t} + tint_{emp,t} + \sum_1^4 (tdiv_{gob,t}) + tint_{rm,t} \right) - pss_{emp,t} \\
& - trans_{emp,t}
\end{aligned}$$

⁵ Pensiones, seguros de riesgos laborales ARL, y cajas de compensación familiar.

⁶ Por ejemplo, indemnizaciones de seguros no de vida.

4.3.3 Gobierno General

La parte que corresponde de la distribución del ingreso factorial del GG, es únicamente la participación en las rentas de capital del GNC, de ADRES, del RPM y del resto del GG:

$$yfac_{gob,t} = sharek_{gob} \sum_1^{17} (r_{i,t} k_{i,t})$$

El ingreso disponible incluye el ingreso factorial, las transferencias netas entre distintas instancias gubernamentales, los impuestos sobre el ingreso y la renta, los aranceles, el IVA y otros impuestos a la producción, los dividendos recibidos de las empresas, otra proporción de las contribuciones a la seguridad social realizadas por los hogares, todo ello disminuido por las prestaciones de seguridad social otorgadas a los hogares y los pagos de intereses de deuda interna y externa:

$$\begin{aligned} ydisp_{gob,t} = & yfac_{gob,t} + trans_{gob,t} + shareimp_{gob} (impues_{hog,t} + impues_{emp,t}) \\ & + sharearan_{gob} \sum_1^{14} pwm_{j,t} m_{j,t} aran_{j,t} er_t + shareivar_{gob} \sum_1^{14} \frac{py_{i,t} y_{i,t} ivar_{i,t}}{1 + ivar_{i,t}} \\ & + yfac_{emp,t} \sum_1^4 (tdiv_{gob,t}) + shareiva_{gob} \sum_1^{14} iva_{j,t} (pm_{j,t} m_{j,t} + pd_{j,t} d_{j,t}) \\ & + css_{gob} (wc_{hog,t} tc_{hog,t} (tcssc_{hog} + tcssc_{hog}) + wncf_{hog,t} tncf_{hog,t} (tcssncf_{hog} \\ & + tcssncf_{hog}) + wnci_{hog,t} tnci_{hog,t} (tcssnci_{hog} + tcssnci_{hog})) \\ & - tii_{gob,t} \sum_1^4 (deudai_{gob,t}) - tie_{gob,t} \times er_t \sum_1^4 (deudae_{gob,t}) \end{aligned}$$

4.3.3.1 Transferencias

Las contribuciones de los cotizantes al sistema de seguridad social no cubren los desembolsos de las prestaciones sociales, por lo tanto, el GNC financia la diferencia través de transferencias a la ADRES.

Transferencias que recibe ADRES: Las transferencias que recibe ADRES desde el GNC se calculan como la diferencia entre todos los pagos que realizan y los ingresos que recibe.

Transferencias que entrega y recibe pensiones: Esta instancia de gobierno será la encargada de girar a los hogares la Renta Básica Solidaria mensual del pilar solidario del sistema de pensiones.

$$transe_{pens,t} = Psolidario_t * \$Psolidario_t * 12$$

Además, recibirá transferencias por parte del GNC para cubrir su déficit, que se calculan como la diferencia entre todos los pagos que realizan y los ingresos que recibe:

$$tansr_{pens,t} = gpx_{pens,t} \sum_1^{14} (pyg_{j,t} share_{pens_j}) + pss_{pens,t} + transe_{pens,t} + savek_{pens} \\ - tdiv_{pens,t} yfac_{emp,t} - css_{pens} wc_{hog,t} tc_{hog,t} (tcssc_{hog}) \\ + wncf_{hog,t} tncf_{hog,t} (tcssncf_{hog}) + wnci_{hog,t} tnci_{hog,t} (tcssnci_{hog})$$

Transferencias en la instancia del resto de gobierno general: Corresponde a las transferencias del Sistema General de Participaciones (SGP), que gira el GNC a los gobiernos regionales, y se calcula como la suma de sus gastos destinados a salud, educación, de propósito general y otros gastos:

$$tansr_{rgg,t} = SGP_{salud}_t + SGP_{educacion}_t + SGP_{ppgral}_t + SGP_{otros}_t$$

Cada uno de estos componentes se proyecta como un porcentaje de los recursos totales del SGP, así:

Cuadro2: Distribución recursos SGP

Concepto	% del SPG total
Salud	96% * 24,0%
Educación	96% * 60,1%
Propósito General	96% * 15,9%
Otros Gastos	4% * 24,0%

Fuente: MEGC con base en la normatividad Vigente.

Los recursos totales del SGP se modelan como una proporción de los ingresos tributarios del GNC.

$$SGP_{gob,t} = \%SGP_t \left(share_{imp_{gnc}} (impues_{hog,t} + impues_{emp,t}) + share_{aran_{gnc}} \sum_1^{14} pwm_{j,t} m_{j,t} aran_{j,t} er_t \right. \\ \left. + share_{ivar_{gnc}} \sum_1^{14} \frac{py_{i,t} y_{i,t} ivar_{i,t}}{1 + ivar_{i,t}} \right)$$

Transferencias a los hogares: Estas transferencias incluyen el ingreso solidario y otros subsidios distintos a los pensionales:

$$tansr_{hog,t} = ing_{sol}_t$$

4.3.4. Resto de mundo

La parte que corresponde de la distribución del ingreso factorial al resto del mundo corresponde a su participación en las rentas de capital nacional:

$$yfac_{rm,t} = share_{k_{rm}} \sum_1^{17} (r_{i,t} k_{i,t}) / er_t$$

El ingreso disponible del resto del mundo será el ingreso factorial, más la renta de propiedad que recibe de las empresas, los intereses de deuda interna del gobierno, menos las remesas que envía al interior de la economía nacional.

$$ydisp_{rm,t} = yfac_{rm,t} + yfac_{emp,t} tint_{rm,t} + er_t \sum_1^4 (int_{gob,t}) - remesas_{hog,t} er_t$$

4.4. Ahorro, inversión y equilibrio macroeconómico

El ahorro de los hogares se determina en el sistema lineal de gasto, y es una propensión fija de ahorro m_0 sobre su ingreso después de lograr el consumo de subsistencia:

$$save_{hog,t} = m_0 (ydips_{hog,t} - ysubs_{hog,t})$$

Por su parte, las empresas ahorrarán todo el ingreso disponible:

$$save_{emp,t} = ydisp_{emp,t}$$

El ahorro del resto del mundo es igual al flujo de capitales que corresponde al saldo de la cuenta de capital en la balanza de pagos:

$$save_{rm,t} = fk_t * er_t$$

El ahorro de la ADRES y de pensiones es exógeno y se fija en los siguientes niveles:

$$save_{adres,t} = save_{k_{adres}}$$

$$save_{pens,t} = save_{k_{pens}}$$

El ahorro del resto del GG sería nulo ya que el GNC cubre su déficit original. El ahorro del GNC es deficitario, pues cubre los déficits de las demás instancias:

$$\begin{aligned}
deficit_{gnc,t} = & shareimp_{gnc} impues_{hog,t} + shareimp_{gnc} impues_{emp,t} + \\
& sharearan_{gnc} \sum_1^{14} pwm_{j,t} m_{j,t} aran_{j,t} er_t + shareiva_{gnc} \sum_1^{14} iva_{j,t} (pm_{j,t} m_{j,t} + pd_{j,t} d_{j,t}) + \\
& tdiv_{gnc,t} yfac_{emp,t} + ajustek - gpx_{gnc,t} \sum_1^{14} (pyg_{j,t} shareg_{j,t}) - tii_{gnc,t} deudai_{gnc,t} - \\
& tie_{gnc,t} deudae_{gob,t} er_t - invpx_{gnc,t} \sum_1^{14} (pyg_{j,t} sharei_{j,t}) - transr_{hog,t} - transr_{Adres,t} - \\
& transr_{pens,t} - transr_{rg,t} - transr_{emp,t} + transe_{pens,t}
\end{aligned}$$

El ahorro de las instituciones debe igualar a la inversión que se realiza en cada sector:

$$\sum_1^7 save_{inst,t} = \sum_1^{14} (pyg_{j,t} inv_{j,t})$$

4.5 Seguridad Social

El modelo incorpora las condiciones definidas en la Reforma Pensional para los pilares contributivo, semi- contributivo y solidario, y sus trayectorias, así como el comportamiento del régimen de transición, dada la dinámica poblacional. En cuanto al sistema de salud distingue las principales fuentes de financiación y desagrega los pagos a los regímenes contributivo y subsidiado. Para calibrar los ingresos por contribuciones del sistema de seguridad social (SSS), se emplea la GEIH para agrupar a los hogares según las categorías de trabajo calificado, trabajo no calificado formal y trabajo no calificado informal, para calcular una tasa de aporte a salud y pensión en relación con los ingresos disponibles de cada tipo de hogar. Estas tasas de aportes aseguran que las contribuciones anuales que ingresan tanto a la ADRES como al RPM estén vinculadas a la cantidad de empleo generada por la economía. Por lo tanto, si el empleo disminuye debido a un desempeño macroeconómico deficiente, de igual forma disminuirán los ingresos por contribuciones de la ADRES y del RPM.

4.5.1. Sistema de Salud

Para modelar el sistema de salud, el MEGC considera de manera explícita la ADRES y las finanzas del GNC. Además, distingue las principales fuentes de financiación y desagrega los pagos a los regímenes contributivo y subsidiado. En el componente de gasto, se consideran los pagos por UPC de ambos regímenes, así como otros gastos asociados a procedimientos y medicamentos no incluidos en la UPC

y a programas de promoción y prevención. Las proyecciones del modelo evalúan el impacto fiscal del cambio demográfico a partir de variaciones en la estructura por edad y sexo de la población. De este modo, el modelo captura el efecto del envejecimiento poblacional y de los grupos de alto costo sobre la dinámica del gasto en salud⁷.

La principal fuente de ingresos del sistema corresponde a las contribuciones de los hogares (CSS_{ADRES})⁸, modeladas como una tasa efectiva de aporte a la seguridad social en salud ($\tau_{k,salud}$) aplicada al ingreso laboral, que resulta del cálculo del salario recibido ($w_{k,hog}$) por el número de ocupados ($t_{k,hog}$) en cada decil de ingreso (hog) y en cada tipo de trabajo (k = calificado, no calificado asalariado y no calificado no asalariado). Las tasas efectivas de aporte se calibran utilizando la GEIH, a partir de la proporción de trabajadores que cotizan a salud y pensión, o únicamente a salud, en cada tipo ocupacional. Estas tasas se combinan con las tasas legales de cotización (12,5% para asalariados y 5% para independientes)⁹ y se ajustan mediante un factor de calibración para garantizar la consistencia con las Cuentas Nacionales del DANE. Esta estructura permite capturar la heterogeneidad del mercado laboral colombiano en materia de aportes a la seguridad social, donde el trabajo calificado constituye la principal fuente de ingresos del sistema, seguido por los asalariados no calificados y, en menor medida, los trabajadores independientes.

$$CSS_{ADRES,t} = w_{C_{hog,t}} t_{C_{hog,t}} \tau_{C,salud} + w_{nca_{hog,t}} t_{nca_{hog,t}} \tau_{nca,salud} + w_{nci_{hog,t}} t_{nci_{hog,t}} \tau_{nci,salud}$$

La segunda fuente de ingresos de la ADRES corresponde a las transferencias que recibe del GNC, ($tansr_{adres}$), las cuales se modelan garantizando que la entidad cubra el pago de prestaciones en salud:

$$tansr_{adres,t} = pss_{adres,t} + savek_{adres,t} - CSS_{adres,t}$$

Por el lado del gasto, la ADRES financia las prestaciones mediante pagos por UPC a los afiliados de ambos regímenes, ajustados por factores etarios y otros componentes de costo:

⁷ Para detalles de la modelación del sistema salud véase Botero-García, Gallo, y Melo-Becerra (2026).

⁸ En el Sistema de Cuentas Nacionales – SNC 2008, la remuneración de los asalariados incluye todo lo que el trabajador recibe por su trabajo, es decir su salario pactado con el empleador junto con las prestaciones sociales, por lo tanto, aunque en la realidad el empleador es quien transfiere el dinero a la ADRES, en la contabilidad nacional, se le imputa al hogar primero como un ingreso, en forma de remuneración en especie monetaria, y luego como un pago que realiza directamente a la ADRES (European Comision, FMI, OECD y United Nations, 2009).

⁹ En el caso de los independientes, si bien el 12,5% se cotiza sobre el Ingreso Base de Cotización (IBC) equivalente al 40% del ingreso total, en el modelo se contabiliza directamente sobre el ingreso total.

$$pss_{adres,t} = (UPC_{RC,t} Fcosto\ etario_{RC} Afiliados_{RC,edad,t} Otros_t + UPC_{RC,t} FUPC_{RS} Fcosto\ etario_{RS} Afiliados_{RS,edad,t} Otros_t) + (1 + Pres\ máximos_t)$$

Para calcular los egresos del sistema, se modelan los afiliados totales al Régimen Contributivo (RC) ($AfilC_{edad}$), los cuales dependerán endógenamente de la composición del mercado laboral. Para cada tipo de trabajo (calificado, no calificado formal e informal), se identifica de la GEIH el porcentaje de personas que realizaron aportes al sistema de seguridad social de salud. A esta cantidad de cotizantes se le aplica un factor de beneficiarios por cada aportante. Esto ya que, en el sistema de salud colombiano, el núcleo familiar del cotizante puede acceder a los servicios de salud en la figura de beneficiarios sin realizar aportes adicionales.

$$\sum_{0\ años}^{>74\ años} AfilC_{edad,t} = \left(\sum_1^{20} tc_{hog,t} * tcapsal + \sum_1^{20} tncf_{hog,t} * tncfapsal \sum_1^{20} tnci_{hog,t} * tnciapsal \right) * Fbencot$$

Por otro lado, los afiliados al Régimen Subsidiado (RS) ($AfilS_{edad}$), serán la diferencia entre la población cubierta por el sistema de salud y los afiliados al RC:

$$\sum_{0\ años}^{>74\ años} AfilS_{edad,t} = cobertura * \sum_{0\ años}^{>74\ años} Población_{edad,t} - \sum_{0\ años}^{>74\ años} AfilC_{edad,t}$$

Para el año de calibración la estructura etaria de los afiliados al RC y RS es tomada del Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS). Para los años de proyección, el total de afiliados a cada régimen (que resulta endógenamente del modelo), se distribuye de acuerdo con la composición etaria anual de las proyecciones poblacionales del DANE y de los escenarios sin cambio demográfico y con cambio demográfico acelerado. Para medir el costo de cada uno de los afiliados, se modela con gran detalle la Unidad de Pago por Capitación - UPC, distinguiendo entre los gastos asociados al RC y al RS, entre ellos un factor de costo etario

$$pss_{Adres} = (UPC\ del\ RC * Afilc_t * costoeC_t + UPC\ del\ RS * AfilS_t * costoeS_t) \times (1 + otros\ gastos)$$

Además del factor de costo etario, se incluyen otros factores diferenciadores en la UPC. Para la *UPC del RC* se incluyen los siguiente factores¹⁰: i) ajustes por ubicación geográfica, que reconocen mayores costos en zonas con alta dispersión, ciudades especiales y el archipiélago de San Andrés; (ii) la tendencia

¹⁰ Estos ponderadores fueron modelados en Arango, Botero-García, Gallo, y Melo-Becerra (2023).

creciente de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), cuyos costos se calibran con base en estimaciones de Iregui-Bohórquez, Melo-Becerra, Pinilla-Alarcón y Ramírez-Giraldo (2023); (iii) un factor de tendencia en las frecuencias de atención, estimado en 3,45% anual según el Estudio de Suficiencia de la UPC del Ministerio de Salud (2021); y (iv) un ajuste por la inclusión de nuevos procedimientos en el Plan Básico de Salud, aproximado a partir del crecimiento de la Clasificación Única de Procedimientos en Salud (CUPS). Para el período 2020–2021, esta tasa de crecimiento fue del 1,21%, reflejando el incremento en la oferta de intervenciones y tecnologías disponibles para los afiliados. Para la *UPC del RS* se replica la modelación mencionada anteriormente, agregando un solo factor adicional, que vincula la UPC del RS mediante una proporción a la UPC del RC. Finalmente, el gasto no UPC y los presupuestos máximos se incorporan como un factor adicional que incrementa el costo total de las prestaciones, manteniendo la proporción observada en los presupuestos de 2021 y 2022, y se ajusta el gasto total en la calibración, para replicar las cifras de Cuentas Nacionales.

Como se mencionó, el análisis se realiza bajo tres escenarios demográficos, por lo que el factor de costo etario cambia de forma anual entre escenarios, dadas las diferencias en la pirámide poblacional de los diferentes escenarios (Gráfico 3). Para esto se considera el promedio ponderado del total de afiliados a cada régimen y el parámetro de estructura de costos fijado en la Resolución 2809 del MSPS¹¹, tal como se muestra en el Anexo 2 para los regímenes contributivo y subsidiado.

4.5.2. Sistema de Pensiones

El modelo incorpora las condiciones definidas en la Reforma Pensional Ley 2381 de 2024, para los pilares contributivo, semi-contributivo y solidario, y sus trayectorias, así como el comportamiento del régimen de transición, dada la dinámica poblacional. El gasto pensional se determina endógenamente a partir de los resultados del mercado laboral, es decir, depende del empleo de cada tipo de trabajo (calificados, no calificados formales e informales), así como del ritmo de crecimiento de pensionados por cada cotizante, reflejando la transición demográfica. Por el lado de los ingresos, Colpensiones recibe la totalidad de las cotizaciones al sistema pensional sobre un ingreso laboral de hasta 2,3 SMMLV. Mientras que las cotizaciones superiores a ese umbral irán a la Administradora del Componente Complementario de Ahorro Individual (ACCAI). De esta forma se asume en el modelo que todas las cotizaciones de los trabajadores no calificados (tanto asalariados como no asalariados) ingresan a

¹¹ Resolución 2809 de 2022. Por la cual se fija el valor anual de la UPC. Las actualizaciones posteriores de la UPC mantienen la misma magnitud de los parámetros de estructura de costos, tanto para el RC como RS. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución%20No.%202809%20de%202022.pdf

Colpensiones, ya que su ingreso promedio es igual o inferior a 2,3 SMMLV; mientras que solo el 38,3% de las cotizaciones de los trabajadores calificados ingresan a Colpensiones, ya que su ingreso promedio es superior a 2,3 SMMLV.

$$\text{Ingresos cotizaciones}_{pens,t} = wncf_{hog,t}tncf_{hog,t}tcssncf + wnci_{hog,t}tnci_{hog,t}tcssnci + (1 - cotmas2,3SM)wc_{hog,t}tc_{hog,t}tcssc$$

Para los gastos, se construyó una estructura de tres pilares: *Pilar solidario*: Transferencias a adultos mayores no pensionados. *Pilar semicontributivo*: Ahorradores BEPS y trabajadores con cotizaciones insuficientes. *Pilar contributivo*: Compuesto por los componentes de Prima Media y ahorro individual, con un umbral de 2,3 SM. El gasto total en pensiones se calcula como el valor promedio de las mesadas que reciben los pensionados y/o beneficiarios y se resume en la siguiente ecuación:

$$pss_{pens,t} = \text{Pilar Contributivo}_t + \text{Pilar Semicontributivo}_t + \text{Régimen Transición}_t + \text{FOPEP}_t + \text{CASUR}_t + \text{CREMIL}_t + \text{FOMAG}_t + \text{FONPET}_t$$

Como se mencionó el modelo incluye las principales características del nuevo Sistema de Protección Social Integral para la Vejez, establecido por la Ley 2381 de 2024 (Colpensiones, 2026)¹². Para la cual se modelan de forma independiente el Pilar Contributivo, Pilar Semi-contributivo y Pilar Solidario (véase Anexo 3).

5. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de las simulaciones del MEGC, que evidencian que el proceso de envejecimiento poblacional genera efectos persistentes y acumulativos sobre el crecimiento económico, el empleo y las cuentas fiscales.

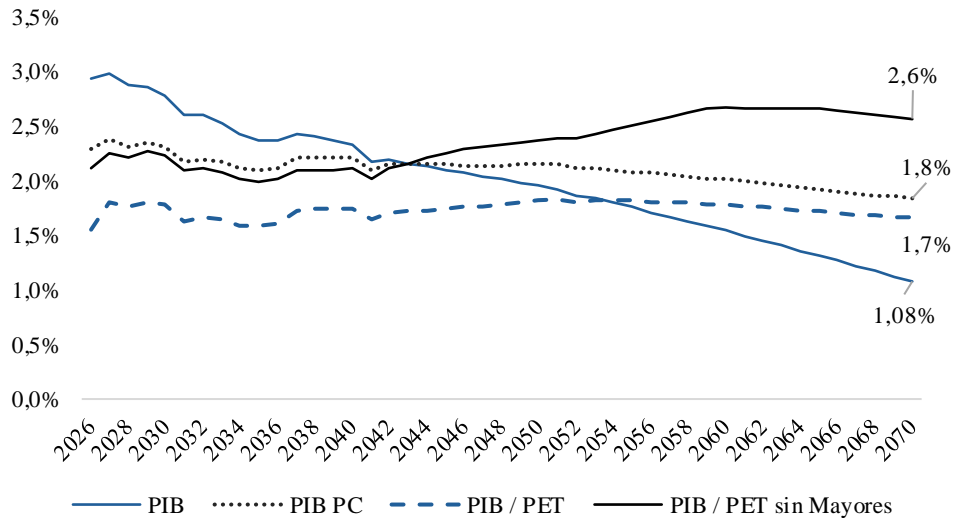
5.1. Crecimiento económico

Bajo el escenario demográfico base, caracterizado por una reducción sostenida de la tasa de fecundidad y un aumento de la esperanza de vida, la economía experimenta una desaceleración progresiva del PIB hacia el horizonte 2070. En efecto, como se observa en el Gráfico 5, el crecimiento del PIB se irá desacelerando hasta niveles del orden del 1,08% en 2070. El principal canal de transmisión es la

¹² Colpensiones (2026). <https://www.colpensiones.gov.co/sistema-de-proteccion/pilares.html>

contracción relativa de la PET. La reducción de la oferta laboral limita el crecimiento del producto, incluso bajo el supuesto de productividad total de los factores constante. Aunque el aumento de la longevidad incrementa el número de personas mayores, este efecto no compensa la caída de la fuerza laboral activa, lo que se traduce en una menor tasa de crecimiento de largo plazo.

Gráfico 5: Crecimiento de PIB, del PIB per cápita y de la relación PIB/PET- Escenario base de población



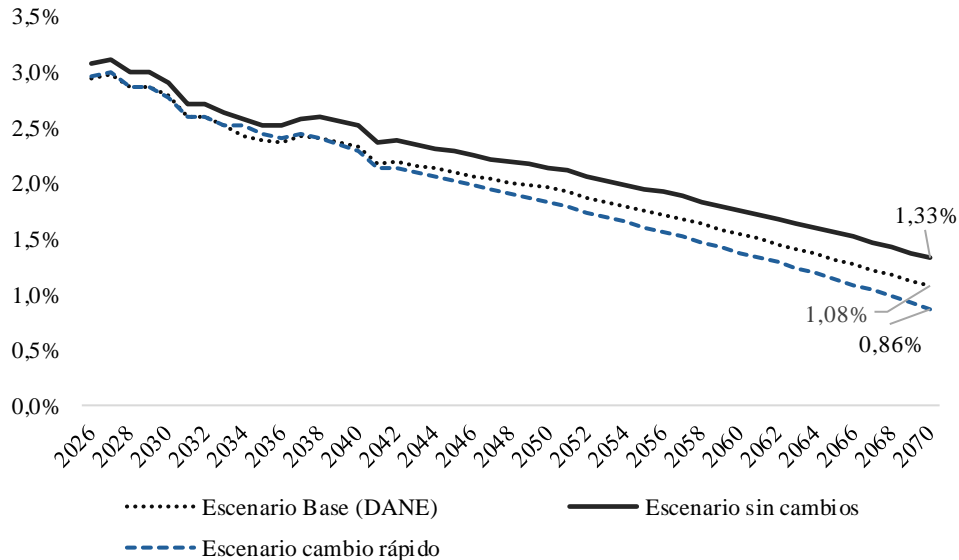
Fuente: Cálculo propios MEGC.

El PIB per cápita muestra una desaceleración más gradual. En las primeras décadas, el efecto composición, derivado de una menor proporción de menores dependientes, genera un impulso transitorio asociado al bono demográfico. Sin embargo, cuando la tasa de dependencia de adultos mayores supera la de jóvenes, este efecto se revierte, reduciendo el crecimiento per cápita debido a mayores cargas fiscales y menor dinamismo productivo. El crecimiento del PIB por población en edad de trabajar (PIB/PET) presenta niveles persistentemente inferiores al PIB per cápita y una trayectoria relativamente estable, con tasas que oscilan entre 1,7% y 1,8% en el largo plazo. Por su parte, el indicador de PIB/PET excluyendo mayores exhibe una dinámica más favorable: tras una leve caída inicial, su tasa de crecimiento aumenta gradualmente hasta alcanzar 2,6% en 2070, reflejando el mayor peso relativo de la población activa joven en este indicador.

La comparación con los escenarios demográficos alternativos confirma la sensibilidad del crecimiento a la dinámica poblacional (Gráfico 6). En los tres escenarios se observa una tendencia descendente, pero con magnitudes diferenciadas. El escenario sin cambio demográfico mantiene las tasas de crecimiento

más elevadas durante todo el horizonte, alcanzando aproximadamente 1,33% en 2070. En contraste, el escenario de cambio acelerado registra la desaceleración más pronunciada, con un crecimiento de 0,86% en 2070, debido a que la menor entrada de cohortes jóvenes al mercado laboral intensifica el proceso de envejecimiento y reduce el aporte del factor trabajo al crecimiento económico.

Gráfico 6: Crecimiento del PIB bajo diferentes escenarios de población



Fuente: cálculos de los autores con base en el MEGC

5.2. Capital humano y empleo

La modelación de la transición educativa permite representar la acumulación de capital humano formal. La evidencia econométrica indica que el esfuerzo fiscal en educación, la ampliación de la cobertura en educación superior y la implementación de programas de becas se asocian positivamente con la probabilidad de transición hacia el estado cualificado. Estos resultados son consistentes con la interpretación de la inversión en capital humano como respuesta a incentivos agregados. No obstante, la reducción relativa de las cohortes jóvenes puede atenuar el crecimiento de la población cualificada en el largo plazo, incluso bajo políticas educativas activas. La transición educativa modifica la oferta relativa de trabajo cualificado y no cualificado, afectando en el MEGC los salarios relativos, la productividad efectiva del trabajo agregado, la asignación sectorial de factores y, cuando la productividad depende del capital humano, las trayectorias de crecimiento de largo plazo. Para evaluar estos efectos se consideran tres escenarios de política educativa (Cuadro 3).

En el escenario de referencia, la proporción de población cualificada aumenta de 28,6% en 2028 a 31,6% en 2050 y 39,0% en 2070. Un incremento permanente del gasto público en educación como proporción del PIB (Ge/Y) de 1 punto porcentual genera un efecto acumulado significativamente mayor: la tasa de cualificación alcanza 35,0% en 2050 y 45,0% en 2070, es decir, 5,4 p.p. por encima del escenario de referencia. En cambio, un aumento transitorio de igual magnitud produce diferencias marginales (39,2% en 2070 frente a 39,0%), lo que evidencia que la acumulación de capital humano requiere persistencia para consolidarse. De forma similar, un incremento transitorio en cobertura eleva la tasa a 39,4% en 2070 (0,4 p.p. adicional), con efectos acotados en el largo plazo.

Cuadro 3. Escenarios de política educativa.

Escenarios	Tasa de cualificación		
	2028	2050	2070
Escenario de Base	28,6%	31,6%	39,0%
Aumento Ge/Y* permanente (1 p.p.)	28,8%	35,0%	45,0%
Aumento Ge/Y* transitorio (1 p.p.)	28,8%	31,8%	39,2%
Aumento cobertura transitorio (1 p.p.)	29,1%	32,0%	39,4%

* Ge/Y: Gasto público en educación como proporción del PIB.

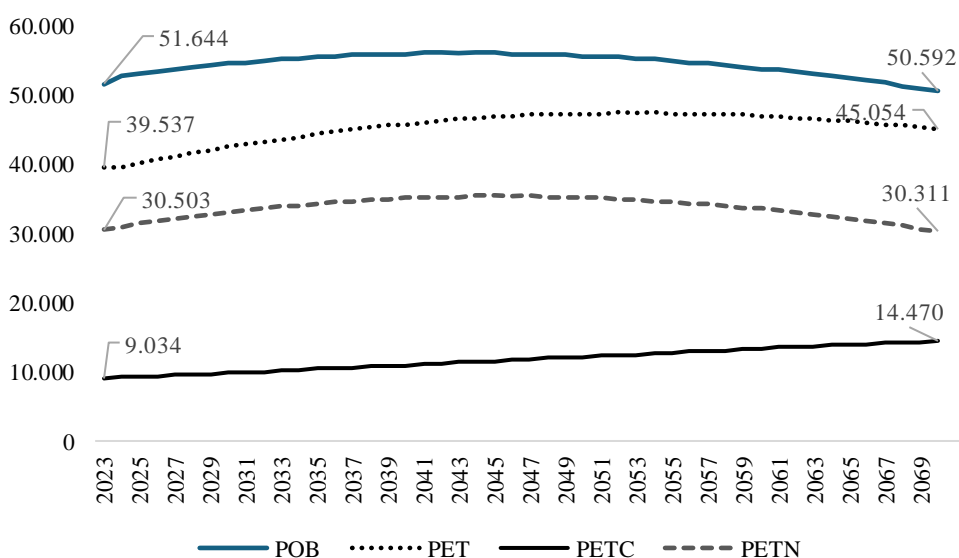
Fuente: cálculos de los autores

En términos relativos, el aumento permanente de Ge/Y implica que en 2070 la tasa de cualificación es aproximadamente 15,4% mayor que en el escenario de referencia (45,0% frente a 39,0%), lo que constituye un cambio estructural en la composición del capital humano. Por el contrario, los incrementos transitorios, en gasto o cobertura, generan variaciones inferiores a medio punto porcentual en el largo plazo, lo que sugiere efectos esencialmente coyunturales. Si bien ampliar el acceso puede producir impactos ligeramente mayores en el corto plazo (29,1% frente a 28,8% en 2028), sin sostenibilidad presupuestal estos no alteran de manera permanente la estructura educativa. En conjunto, los resultados indican que la acumulación de capital humano es un proceso gradual que requiere continuidad institucional y fiscal. Dinámicamente, el flujo de individuos que transita hacia la cualificación depende tanto de la probabilidad estimada como del tamaño inicial de la población no cualificada. Una política que incremente dicha probabilidad amplía el flujo hacia el estado cualificado y reduce gradualmente el peso relativo de los no cualificados, modificando la composición de la oferta laboral.

Teniendo la dinámica del capital humano y la metodología descrita en la sección anterior, el Gráfico 7 presenta la composición de la PET bajo el escenario demográfico Base. Aunque la transición

demográfica comienza a reflejarse con mayor intensidad hacia 2050, cuando el total de la PET inicia una tendencia descendente, la PET cualificada continúa aumentando, pasando de 9,03 millones en 2023 a 14,5 millones en 2070, con un crecimiento promedio cercano al 1% anual. En contraste, la PET no cualificada sigue una trayectoria similar a la PET total, aumenta de 30,5 millones en 2023 a 35,2 millones en 2050, y posteriormente desciende hasta 30,3 millones en 2070. Estos resultados evidencian que, aunque mejora la educación de la fuerza laboral, el tamaño total de la oferta de trabajo se reduce en el largo plazo.

Gráfico 7: Composición de la PET (Miles)



Fuente: Elaboración propia de los autores con datos del DANE.

El Cuadro 4 presenta la evolución, entre 2025 y 2070, de los principales indicadores de empleo. Los resultados evidencian que la transición demográfica tiene efectos significativos sobre el tamaño de la PET, la oferta laboral y el empleo hacia 2070, con implicaciones sobre el crecimiento y la sostenibilidad fiscal. Bajo el escenario base, la PET aumentaría hasta 45,1 millones en 2070, mientras que la PEA alcanzaría 29,8 millones y el empleo 26,8 millones. La TGP se incrementa hasta 66,1% y la tasa de desempleo se reduciría a 9,8%. El cambio más relevante es el aumento sustancial de la tasa de dependencia por vejez, que se duplicaría desde 20,6% hasta 42,1%. Este resultado sugiere que, aunque el mercado laboral mostraría mejoras en participación y desempleo, gracias al bono demográfico, el crecimiento del empleo no sería suficiente para compensar el fuerte incremento de la población adulta mayor, reduciendo la capacidad relativa de financiamiento del sistema de protección social.

Cuadro 4: Indicadores del empleo – proyección 2070

Concepto	Esc. Refer. 2025	Esc. Base 2070	Esc. sin Cambio 2070	Esc. Cambio rápido 2070
PET (Miles)	40.130	45.054	50.740	40.225
PEA (Miles)	26.085	29.759	33.691	27.783
TGP	65%	66,1%	66,4%	69,1%
Empleo (Miles)	22.879	26.821	30.608	25.006
Tasa de Desempleo	12%	9,8%	9,1%	9,9%
Tasa de dependencia (Vejez)	20,6%	42,1%	40,0%	50,7%

Fuente: Elaboración propia con base en el MEGC.

En el escenario sin cambio demográfico, la mayor tasa de fecundidad relativa se traduce en una PET de 50,7 millones en 2070, con una PEA de 33,7 millones y un nivel de empleo de 30,6 millones, el más alto entre los escenarios considerados. La tasa de desempleo descendería a 9,1% y la TGP alcanzaría 66,4%. Asimismo, la tasa de dependencia por vejez sería menor que en el escenario base (40,0%), lo que implica una estructura etaria relativamente más favorable. Desde una perspectiva macroeconómica, este escenario ofrece una base laboral más amplia, mayor generación potencial de ingresos fiscales y menores presiones relativas sobre el financiamiento intergeneracional. En contraste, el escenario de cambio rápido muestra una dinámica más restrictiva. Aunque la TGP aumentaría hasta 69,1%, reflejando un ajuste endógeno de la oferta laboral ante la contracción poblacional, la PET apenas alcanzaría 40,2 millones en 2070, un nivel similar al observado en 2025. La PEA sería de 27,8 millones y el empleo de 25,0 millones, inferiores a los escenarios base y sin cambio. La tasa de desempleo se ubicaría en 9,9%, mientras que la tasa de dependencia por vejez se elevaría a 50,7%, el valor más alto entre los escenarios. De esta forma, un envejecimiento más acelerado reduce el tamaño de la fuerza laboral y aumenta la carga demográfica sobre los trabajadores activos, afectando negativamente el crecimiento y ampliando las presiones fiscales.

En general, los resultados indican que el principal canal de transmisión del cambio demográfico hacia la economía opera a través de la relación entre la población ocupada y la población dependiente. Incluso en escenarios con mejoras en la participación laboral y reducciones en el desempleo, el aumento de la tasa de dependencia por vejez altera de manera estructural la relación entre contribuyentes y beneficiarios del sistema de protección social. Esto sugiere que las mejoras en el mercado laboral, aunque necesarias, no son suficientes por sí solas para neutralizar las presiones fiscales derivadas del envejecimiento, lo que refuerza la importancia de políticas complementarias orientadas a elevar la productividad, ampliar la formalización laboral y fortalecer la acumulación de capital humano.

5.3. Resultados fiscales

Las cifras fiscales evidencian un deterioro estructural significativo en ausencia de reformas. El envejecimiento y la reducción relativa de la PET generan presiones crecientes sobre el gasto público, particularmente a través de los sistemas de pensiones y salud. En pensiones, el aumento de la población mayor de 65 años eleva el número de beneficiarios a un ritmo superior al crecimiento de la base de cotizantes, ampliando el desequilibrio actuarial. En salud, el gasto aumenta tanto por el mayor número de adultos mayores como por el mayor costo per cápita asociado a este grupo etario. Simultáneamente, el envejecimiento reduce el crecimiento de la base gravable laboral, lo que limita el dinamismo de los ingresos tributarios. El resultado es un déficit fiscal estructural creciente.

Sistema de salud

Para el sistema de salud, el Cuadro 5 presenta la evolución, entre 2025 y 2070, de la población afiliada, el factor de costo etario ponderado de los regímenes contributivo y subsidiado, la UPC base nominal de ambos regímenes y el gasto total en salud como proporción del PIB, bajo los tres escenarios demográficos. En el escenario base, el número total de afiliados disminuye de 52.590 en 2025 a 50.147 en 2070; en el escenario de cambio acelerado se reduce a 43.502, mientras que en el escenario sin cambio demográfico aumenta a 60.220. El factor de costo etario ponderado, que mide el gasto promedio por afiliado en unidades de UPC, permite ilustrar con claridad el impacto del envejecimiento sobre el sistema. En el escenario base, para el régimen contributivo, este indicador se incrementa de 1,20 en 2025 a 1,618 en 2070, lo que representa un aumento de 36,9%. Este valor es 7,3% superior al proyectado en el escenario sin cambio demográfico. No obstante, la disminución en el número total de afiliados modera parcialmente este efecto, de modo que el gasto agregado en salud como proporción del PIB aumenta en apenas 0,2 puntos porcentuales.

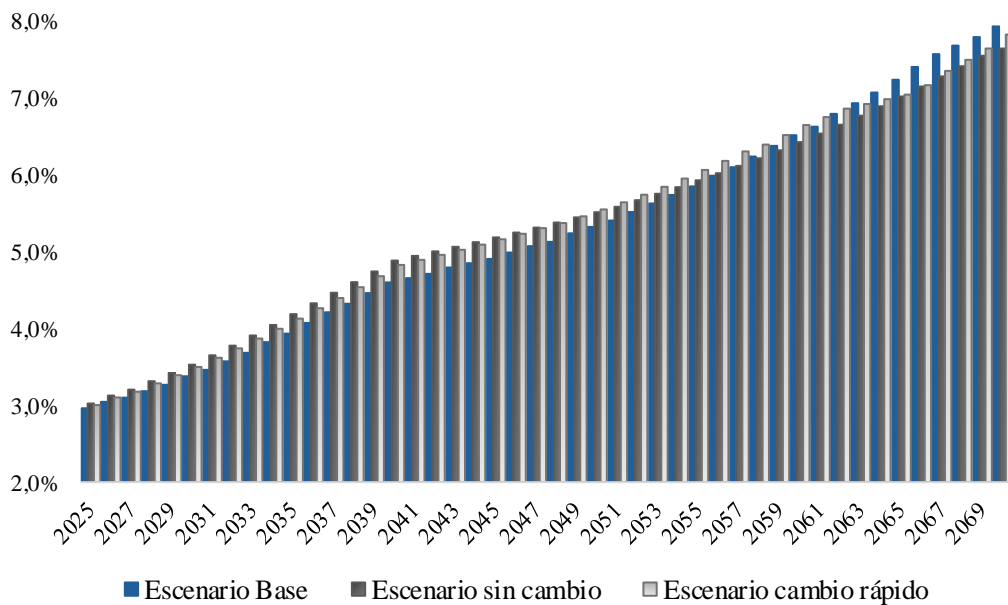
Cuadro 5: Indicadores del sistema de salud – proyección 2070

Concepto	Esc. Refer. 2025	Esc. Base 2070	Esc. sin Cambio 2070	Esc. Cambio rápido 2070
Total afiliados	52.590	50.147	60.220	43.502
Factor costo etario ponderado RC	1,200	1,618	1,508	1,685
Factor costo etario ponderado RS	1,103	1,752	1,624	1,944
UPC base RS (\$ Millones)	1,575	21,818	21,818	21,818
UPC base RC (\$ Millones)	1,370	18,977	18,977	18,977
Gasto en salud (% del PIB)	6,1	10,4	10,2	10,3

Fuente: Elaboración propia con base en el MEGC.

La evolución proyectada de las transferencias del GNC necesarias para cubrir el déficit del sistema de salud, definido como la diferencia entre los ingresos por contribuciones y el gasto en prestaciones, muestra un crecimiento sostenido durante el período 2025–2070 (Gráfico 8). En 2025, estas transferencias representan el 3% del PIB y aumentarían gradualmente hasta alcanzar el 7,9% del PIB en 2070. Esta trayectoria refleja el incremento de las presiones fiscales sobre el GNC, impulsadas principalmente por el envejecimiento poblacional, el aumento en la demanda de servicios, la mayor incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles y la incorporación de nuevas tecnologías y tratamientos médicos. En el escenario sin cambio demográfico, las transferencias requeridas ascenderían al 7,6% del PIB, mientras que en el escenario de cambio acelerado la presión fiscal se moderaría parcialmente, dado que la mayor reducción poblacional compensa el aumento del ponderador etario.

Gráfico 8: Transferencias del GNC al sistema de salud (% del PIB)



Fuente: cálculos propios con base en el MEGC.

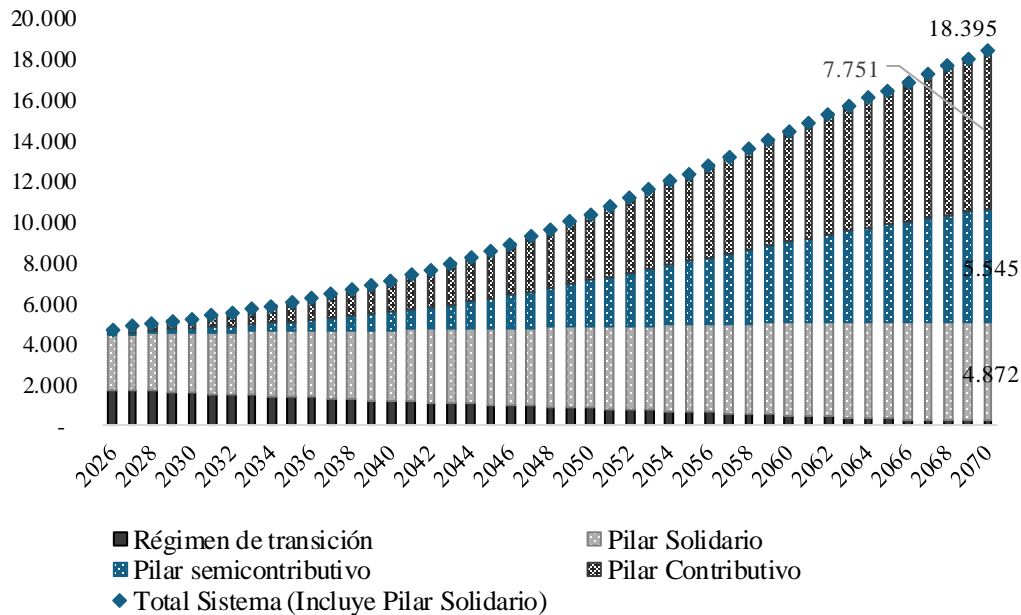
El ejercicio de simulación confirma que el cambio demográfico constituye uno de los principales determinantes estructurales de las presiones financieras que enfrentará el sistema de salud en Colombia en las próximas décadas. El envejecimiento, al incrementar el valor promedio de la UPC y la demanda de servicios asociados a enfermedades crónicas y atenciones de alto costo, genera un crecimiento del gasto que supera el ritmo de expansión de los ingresos contributivos. Incluso bajo una cobertura cercana a la universalidad, el modelo evidencia la persistencia y ampliación de un desbalance estructural entre

ingresos y gastos, lo que implica una creciente dependencia de transferencias del Gobierno Nacional Central y mayores tensiones sobre las finanzas públicas.

Sistema de pensiones

En cuanto al sistema pensional, el Gráfico 9 presenta la trayectoria de pensionados por pilares bajo el escenario base. Se incluyen el pilar contributivo, compuesto por los regímenes de prima media y ahorro individual, con un umbral de 2,3 salarios mínimos; el pilar semi-contributivo, que agrupa a los ahorradores de los Beneficios Económicos Periódicos (BEPS) y a trabajadores con cotizaciones insuficientes; y el pilar solidario, correspondiente a las transferencias dirigidas a adultos mayores no pensionados. En el escenario base, el número total de pensionados aumentaría de 4,7 millones en 2026 a 18,4 millones en 2070. Este incremento se concentra en los pilares contributivo y semi-contributivo. Los beneficiarios del pilar solidario crecerían a un ritmo más moderado, mientras que el régimen de transición seguiría una trayectoria decreciente hasta desaparecer. La cobertura del sistema pensional en 2070 alcanzaría el 71,3% sin considerar el pilar solidario y el 96,9% al incluirlo (Gráfico 10).

Gráfico 9: Pensionados por pilares – Escenario base de población

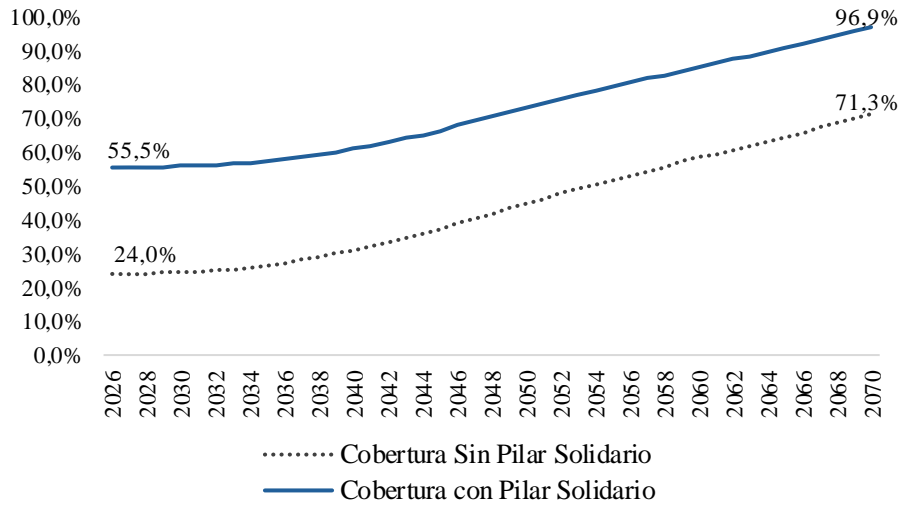


Fuente: Cálculos propios, MEGC.

Una variable clave en esta dinámica es la tasa de retiro, definida como la relación entre nuevos pensionados y el stock de cotizantes (Gráfico 11). El modelo incorpora una tasa de retiro creciente, que refleja el envejecimiento de la población y la mayor proporción de trabajadores que alcanzan la edad de

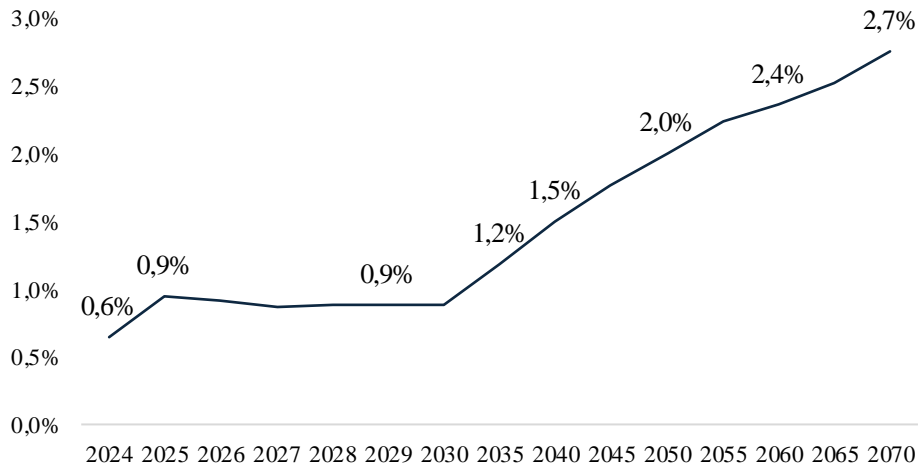
jubilación en relación con el número de cotizantes activos. La tasa de mortalidad utilizada corresponde a la tasa promedio total reportada por el DANE.

Gráfico 10: Cobertura del Sistema -Escenario base



Fuente: Cálculos propios. MEGC.

Gráfico 11: Nuevos Pensionados / Cotizantes - Escenario base de población



Fuente: Cálculos propios. MEGC.

En el Cuadro 6 se presentan las trayectorias del gasto pensional como porcentaje del PIB bajo los tres escenarios demográficos, con implicaciones relevantes para la sostenibilidad fiscal de mediano y largo plazo. En el escenario Base, el gasto del pilar solidario se mantiene estable alrededor de 0,2%–0,3% del PIB durante todo el horizonte, lo que indica una presión fiscal acotada. El pilar semi-contributivo

registra una expansión gradual, pasando de niveles cercanos a cero en 2024 a aproximadamente 1,2% del PIB en 2070, en línea con la ampliación de cobertura y el envejecimiento de la población con trayectorias laborales incompletas. El mayor incremento se observa en el pilar contributivo, cuyo gasto aumenta de 2,4% a 4,0% del PIB entre 2024 y 2070, reflejando el aumento en la proporción de pensionados. En contraste, los fondos especiales disminuyen de 2,2% a 1,3% del PIB, debido a su agotamiento progresivo. En conjunto, el escenario anticipa un aumento estructural del gasto pensional, explicado principalmente por el componente contributivo y parcialmente compensado por la reducción de los fondos especiales.

Cuadro 6: Impacto fiscal -Sistema de pensiones

	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070
Escenario Base											
Pilar Solidario	0,1%	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Pilar semicontrib.	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,5%	0,6%	0,7%	0,8%	0,9%	1,1%	1,2%
Pilar Contribut.	2,4%	2,6%	2,3%	2,1%	2,1%	2,2%	2,4%	2,6%	2,9%	3,3%	4,0%
Fondos especiales	2,2%	2,2%	1,9%	1,7%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,3%	1,3%	1,3%
Escenario sin cambio											
Pilar Solidario	0,1%	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Pilar semicontrib.	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,5%	0,6%	0,7%	0,8%	0,9%	1,0%	1,1%
Pilar Contribut.	2,4%	2,6%	2,2%	2,0%	1,9%	1,9%	2,0%	2,1%	2,3%	2,5%	2,8%
Fondos especiales	2,2%	2,2%	1,9%	1,7%	1,6%	1,5%	1,5%	1,5%	1,3%	1,3%	1,3%
Escenario cambio rápido											
Pilar Solidario	0,1%	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Pilar semicontrib.	0,0%	0,0%	0,1%	0,3%	0,5%	0,6%	0,7%	0,9%	1,0%	1,1%	1,2%
Pilar Contribut.	2,4%	2,6%	2,2%	2,0%	1,9%	2,0%	2,1%	2,2%	2,4%	2,7%	3,2%
Fondos especiales	2,2%	2,2%	1,9%	1,7%	1,6%	1,6%	1,6%	1,7%	1,3%	1,3%	1,3%

Fuente: Cálculos propios con base en el MEGC.

En el escenario sin cambio demográfico, caracterizado por un envejecimiento más gradual, la presión fiscal es menor. El gasto del pilar contributivo alcanza 2,8% del PIB en 2070, considerablemente por debajo del escenario de referencia, mientras que el semi-contributivo llega a 1,1%. El pilar solidario y los fondos especiales siguen trayectorias similares a las del escenario base. En consecuencia, una transición demográfica más lenta atenúa las presiones estructurales sobre el sistema. Por el contrario, el escenario de cambio demográfico acelerado combina una contracción poblacional más rápida con un

envejecimiento más intenso. El gasto del pilar contributivo asciende a 3,2% del PIB en 2070, superior al escenario sin cambio, aunque inferior al de referencia, debido a una mayor proporción de adultos mayores. El pilar semi-contributivo alcanza 1,2%, mientras que el solidario permanece estable y los fondos especiales continúan disminuyendo hasta cerca de 1,3% del PIB.

En términos agregados, los resultados indican que el pilar contributivo es el principal determinante de la sostenibilidad fiscal del sistema pensional y el componente más sensible a la velocidad del envejecimiento. Es importante anotar que, bajo la reforma pensional, el impacto sobre el gasto se amplía cuando las cohortes sujetas a las nuevas reglas alcanzan el umbral de retiro. Dado el carácter transicional del sistema y la coexistencia de regímenes con derechos adquiridos, el ahorro fiscal asociado a menores transferencias se acumula de forma paulatina y se vuelve más evidente hacia 2070, cuando la mayoría de los nuevos pensionados se encuentra plenamente cubierta por la reforma.

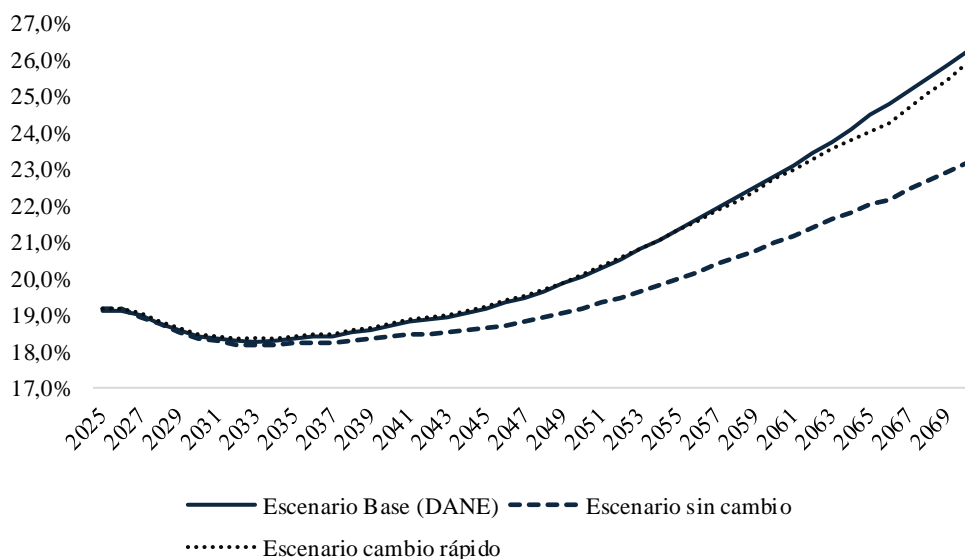
Efecto fiscal agregado

Las presiones estructurales sobre el gasto, derivadas principalmente de la expansión de las transferencias necesarias para financiar los sistemas de salud y pensiones, se traducen en un deterioro progresivo del balance fiscal (Gráfico 12 y Cuadro 7). En el escenario base de proyección demográfica, el gasto primario del GNC aumentaría de manera sostenida entre 2024 y 2070, pasando de 18,9% a 26,2% del PIB. De acuerdo con las simulaciones del MEGC, el déficit fiscal primario se ampliaría desde -2,4% del PIB en 2024 hasta -8,7% del PIB en 2070, en ausencia de medidas correctivas. Este resultado refleja la combinación de mayores compromisos de gasto y una base de ingresos que crece a un ritmo insuficiente para compensar las nuevas demandas fiscales, dadas las dinámicas del mercado laboral y la menor expansión de la PEA.

La acumulación persistente de déficits primarios implica una trayectoria explosiva de la deuda pública en el largo plazo. En el escenario base, la deuda del GNC se incrementaría desde 59,3% del PIB hasta aproximadamente 181,7% del PIB en 2070. Este aumento obedece no solo a mayores necesidades de financiamiento, sino también a un entorno macroeconómico más restrictivo, caracterizado por menores tasas de crecimiento potencial y mayores costos de financiamiento.

El incremento del endeudamiento estaría acompañado por un aumento del spread soberano, que pasaría de 2,2% a 6,9% al final del horizonte de proyección (Cuadro 7)¹³. Este comportamiento refleja una mayor percepción de riesgo por parte de los mercados financieros, asociada al deterioro de los indicadores fiscales y a la incertidumbre sobre la sostenibilidad intertemporal. El mayor costo de la deuda retroalimenta las presiones fiscales al elevar el gasto por intereses, generando un círculo vicioso entre bajo crecimiento, mayor endeudamiento y riesgo país. En ausencia de ajustes paramétricos o estructurales en los sistemas de salud y pensiones, o en la estructura tributaria, la deuda como proporción del PIB alcanzaría niveles incompatibles con la sostenibilidad fiscal. Este resultado pone de relieve una tensión macroeconómica central del envejecimiento: el desbalance entre una población dependiente creciente y una base contributiva decreciente.

Gráfico 12: Gasto público primario bajo diferentes escenarios de población (% del PIB)



Fuente: Cálculos propios con base en el MEGC.

La comparación con escenarios demográficos alternativos permite dimensionar la magnitud del riesgo. En un escenario sin cambio demográfico, las presiones sobre el gasto en pensiones y salud serían menores y el déficit primario alcanzaría 5,3% del PIB en 2070, por debajo del escenario base. En contraste, bajo un envejecimiento más acelerado, los desequilibrios fiscales se profundizan y la deuda

¹³ El spread aumenta cuando la deuda bruta del GNC como porcentaje del PIB se desvía por encima de su nivel de ancla (fijada en la regla fiscal) $spread_t = spread_{2024} + \theta \left(\frac{Deuda\ bruta\ GNC_t}{PIB_t} - ancla \right)$, partiendo de un nivel de fijo observado en 2024, y con una elasticidad $\theta = 0,036$.

del GNC ascendería a 189,1% del PIB. En conjunto, los escenarios confirman que el cambio demográfico constituye un desafío fiscal estructural que, de no ser abordado oportunamente, puede conducir a trayectorias insostenibles de déficit y deuda pública. Estos hallazgos subrayan la necesidad de avanzar en reformas que fortalezcan la sostenibilidad de los sistemas de protección social y el crecimiento económico de largo plazo.

Cuadro 7: Indicadores fiscales GNC – Proyección 2070

Escenarios	Gasto Primario	Transf. pensiones	Transf. salud	Balance primario	Deuda	Spread Deuda
Referencia 2024	18,9%	3,6%	2,1%	-2,4%	59,3%	2,2%
Base (DANE)	26,2%	5,5%	7,9%	-8,7%	181,7%	6,9%
Sin cambio	23,2%	3,7%	7,6%	-5,3%	130,7%	5,0%
Cambio rápido	25,9%	4,8%	7,8%	-8,7%	189,1%	7,1%

Fuente: Cálculos propios con base en el MEGC.

Para enfrentar estas presiones será indispensable revisar de manera integral la estructura tributaria, la composición del gasto y la estrategia de financiamiento público. Cada instrumento conlleva implicaciones macroeconómicas diferenciadas. La configuración del sistema tributario incide sobre la inversión privada, el ahorro y la formalidad laboral; la reducción de la inversión pública afecta negativamente la productividad y el crecimiento potencial; y una mayor acumulación de deuda incrementa el costo financiero y genera efectos de desplazamiento sobre el crédito al sector privado. Desde una perspectiva intertemporal, el modelo sugiere que el envejecimiento introduce un componente estructural y permanente de presión sobre el balance primario, lo que exige marcos de responsabilidad fiscal que incorporen explícitamente la dinámica demográfica. En este contexto, la adopción temprana de reformas graduales reduce los costos de ajuste futuros y evita correcciones abruptas que podrían amplificar la volatilidad macroeconómica.

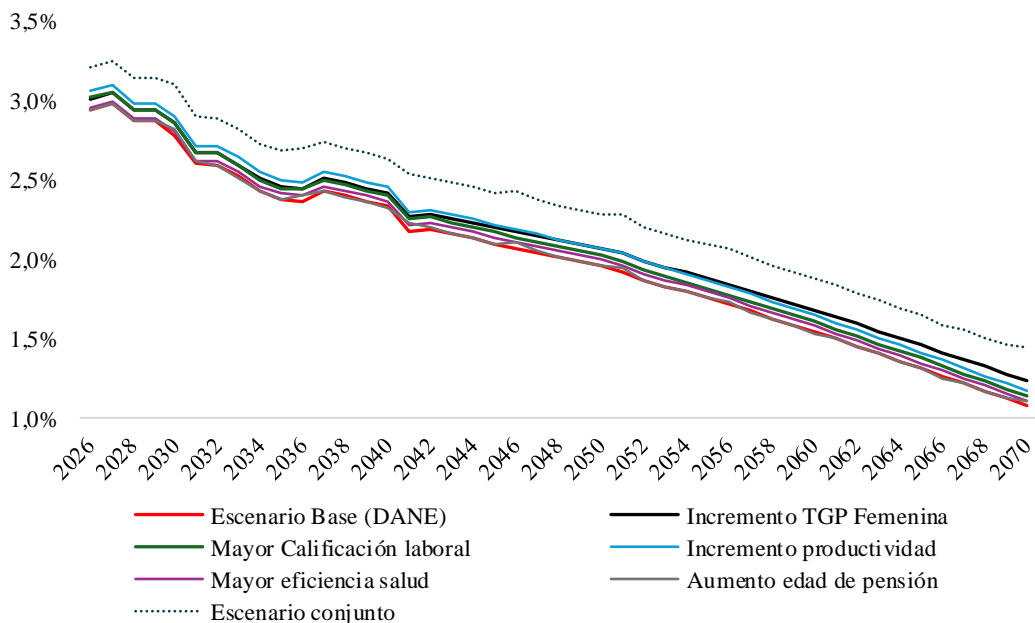
El envejecimiento no solo afecta las cuentas fiscales, sino también la estructura de incentivos económicos. Una mayor carga tributaria sobre una población activa relativamente más pequeña puede desincentivar la formalidad, la inversión y la acumulación de capital humano. Asimismo, el cambio demográfico puede alterar la tasa de ahorro agregado, a medida que aumenta la proporción de personas en etapa de “desacumulación”, el ahorro interno tiende a disminuir, lo que puede incrementar la dependencia de financiamiento externo y elevar la vulnerabilidad frente a choques internacionales. Esta

menor disponibilidad de ahorro doméstico puede traducirse en mayores tasas de interés reales y en un menor ritmo de acumulación de capital. En consecuencia, los efectos fiscales del envejecimiento interactúan con variables del mercado laboral, el ahorro, la inversión y la productividad, que amplifican su impacto sobre el crecimiento potencial. De esta forma, el desafío no es únicamente financiero, sino estructural. Preservar la sostenibilidad fiscal en un contexto de envejecimiento requiere fortalecer simultáneamente la base productiva de la economía, ampliar la participación laboral y mejorar la eficiencia del gasto público, de modo que el ajuste no recaiga exclusivamente sobre mayores impuestos o mayor endeudamiento.

6. Escenarios alternativos de políticas públicas

Con el fin de evaluar la capacidad de distintas reformas para mitigar los efectos adversos del envejecimiento poblacional, se simularon seis escenarios alternativos a partir del escenario demográfico base. Estos ejercicios permiten cuantificar no solo los efectos individuales de cada medida, sino también sus posibles complementariedades y efectos no lineales sobre el crecimiento y la sostenibilidad fiscal. Los resultados se resumen en los Gráficos 13 y 14, y en el Cuadro 8.

Gráfico 13: Crecimiento del PIB bajo escenarios alternativos de políticas públicas



Fuente: Cálculos propios con base en el MEGC

6.1. Escenario 1: Incremento de la participación laboral femenina

El escenario 1 considera un aumento de la Tasa Global de Participación (TGP) femenina de 9 puntos porcentuales, pasando del 52% actual al 61% en 2070, lo que permitiría cerrar parcialmente la brecha frente a la TGP masculina (77%). Este incremento sería factible en un contexto de menor fecundidad, pero requeriría fortalecer el sistema de cuidado infantil y de adultos mayores, de modo que las responsabilidades de cuidado no recaigan de manera desproporcionada sobre las mujeres.

Desde el punto de vista macroeconómico, esta medida amplía la oferta efectiva de trabajo, eleva el PIB potencial y aumenta la masa salarial, con efectos positivos sobre el recaudo por contribuciones y tributos laborales. En términos fiscales, el gasto primario proyectado para 2070 se reduce frente al escenario base (24,2% vs. 26,2% del PIB), el balance primario mejora (-6,5% vs. -8,7%) y la deuda pública disminuye en más de 30 puntos porcentuales del PIB (147,4% vs. 181,7%). El canal central es la ampliación de la base contributiva y el mayor crecimiento del producto. Estos resultados resaltan la importancia de políticas complementarias de conciliación laboral y provisión de servicios de cuidado para garantizar la sostenibilidad del aumento en la participación femenina.

6.2. Escenario 2: Mayor calificación de la fuerza laboral

El escenario 2 plantea un aumento de la proporción de mano de obra calificada en la oferta laboral total, pasando de 32,1% en el escenario base a 35,3%, mediante políticas que orienten los recursos liberados por la reducción de la población joven hacia la formación de capital humano.

El principal canal de transmisión es el aumento de la productividad laboral. Aunque el PIB crece a un ritmo mayor, el impacto sobre la deuda pública (172,2% del PIB en 2070) es relativamente limitado frente al escenario base. Esto se explica porque el mayor capital humano eleva salarios y productividad, pero no altera directamente los parámetros estructurales del gasto pensional ni la edad de retiro. El resultado sugiere que las mejoras en capital humano son fundamentales para sostener el crecimiento, pero insuficientes por sí solas para corregir el desequilibrio fiscal inducido por el envejecimiento.

6.3. Escenario 3: Incremento de la Productividad Total de los Factores

El escenario 3 incorpora un aumento adicional de la Productividad Total de los Factores (PTF), asociado a políticas que, aprovechando la mayor calificación de la fuerza laboral, impulsen la innovación, la adopción tecnológica y la eficiencia productiva.

En este caso, los efectos son más contundentes que en el escenario de mayor calificación aislada. En efecto, la deuda proyectada se reduce a 150,7% del PIB en 2070. El mecanismo opera a través de un mayor crecimiento del PIB, un aumento del recaudo tributario y una reducción del peso relativo del gasto sobre el producto. Sin embargo, aunque el mayor crecimiento mitiga la dinámica explosiva de la deuda, no elimina completamente el problema estructural, dado que el gasto en pensiones y salud continúa expandiéndose por razones demográficas. Este resultado es consistente con la literatura internacional, según la cual el crecimiento contribuye a diluir la carga de la deuda, pero no sustituye reformas estructurales en los sistemas de transferencias (Romer, 1990; Aiyar et al., 2016; Acemoglu y Restrepo, 2017 y 2018).

6.4. Escenario 4: Mayor eficiencia del sistema de salud

El escenario 4 evalúa una mejora en la eficiencia del sistema de salud mediante políticas de prevención, gestión del riesgo y esquemas de pago basados en resultados, en línea con Melo-Becerra et al. (2023). Este escenario presenta uno de los impactos fiscales más significativos entre las reformas individuales, ya que la deuda proyectada se reduce a 134,3% del PIB y el gasto en salud disminuye a 6,2% del PIB (frente a 7,9% en el escenario base).

El canal de transmisión opera principalmente por el lado del gasto. La mejora en eficiencia reduce el costo unitario de atención, modera el crecimiento del gasto asociado al envejecimiento y disminuye el déficit primario estructural. Este resultado sugiere que las reformas en salud tienen un elevado retorno fiscal en contextos de transición demográfica acelerada, al actuar directamente sobre uno de los principales determinantes del gasto público futuro.

6.5. Escenario 5: Aumento de la edad de jubilación

El escenario 5 contempla un aumento de la edad de jubilación en tres años a partir de 2030, con efectos no solo sobre el gasto en pensiones, sino sobre la oferta laboral, al extender la participación de la población en transición hacia la jubilación. El incremento gradual de la edad de retiro genera efectos duales: reduce el gasto en pensiones (4,0% del PIB vs. 5,5% en el escenario base) y aumenta la oferta laboral al extender la vida activa. Aunque la deuda se reduce a 159,2% del PIB, el efecto es menor que en el escenario de eficiencia en salud o aumento de productividad.

Este resultado obedece a que, si bien el ajuste paramétrico que eleva gradualmente la edad de retiro en tres años a partir de 2030 genera efectos inmediatos sobre la oferta laboral y el flujo de nuevos pensionados, el efecto sobre el gasto agregado en pensiones se observa hacia el final del horizonte de proyección, alrededor de 2070, debido a que la reforma pensional fortalece el ahorro durante las próximas décadas, a través de la mayor acumulación de contribuciones en los pilares contributivo y complementario. Durante el período de transición, una proporción de cotizantes permanece más tiempo en el mercado laboral y continúa realizando aportes, lo que incrementa el stock de ahorro pensional y modera temporalmente la presión sobre el gasto público. En esta fase, el sistema experimenta un efecto combinado de mayores cotizaciones y una reducción relativa en el flujo de nuevos beneficiarios.

El efecto sobre el gasto solo se amplía cuando las cohortes afectadas por el nuevo parámetro de edad alcanzan el umbral de jubilación bajo las nuevas reglas. Dado que la transición es gradual y que coexisten regímenes con derechos adquiridos, el ahorro fiscal en términos de menores transferencias se acumula lentamente y se vuelve más evidente hacia 2070, cuando la mayor parte de los nuevos pensionados se rige por la reforma. En consecuencia, el ajuste en la edad de retiro actúa inicialmente fortaleciendo los ingresos del sistema, mediante mayores años de cotización, y solo posteriormente reduce de manera significativa el gasto en pensiones como proporción del PIB. Este perfil dinámico implica que la reforma tiene un impacto fiscal creciente en el tiempo y que sus beneficios estructurales se materializan en el largo plazo, lo que refuerza la importancia de implementar este tipo de medidas con anticipación para maximizar sus efectos intertemporales sobre la sostenibilidad fiscal.

6.6. Escenario 6: Escenario conjunto, complementariedades y no linealidades

El escenario 6 integra de manera conjunta las cinco medidas descritas anteriormente. La combinación produce un resultado substancialmente superior a los escenarios anteriores, evaluados de forma individual. La deuda pública se reduce a 52,4% del PIB en 2070, el balance primario mejora a -2,1% y el gasto primario se sitúa en 19,1% del PIB. Este resultado refleja la existencia de efectos no lineales y complementariedades. La mayor participación laboral amplía la base contributiva; el mayor capital humano y la PTF elevan el crecimiento potencial; la eficiencia en salud contiene el gasto estructural; y el aumento en la edad de retiro reduce transferencias y aumenta cotizaciones. La interacción de estos canales mejora simultáneamente el numerador (menor déficit) y el denominador (mayor PIB) de la razón deuda/PIB, generando una trayectoria fiscal sostenible.

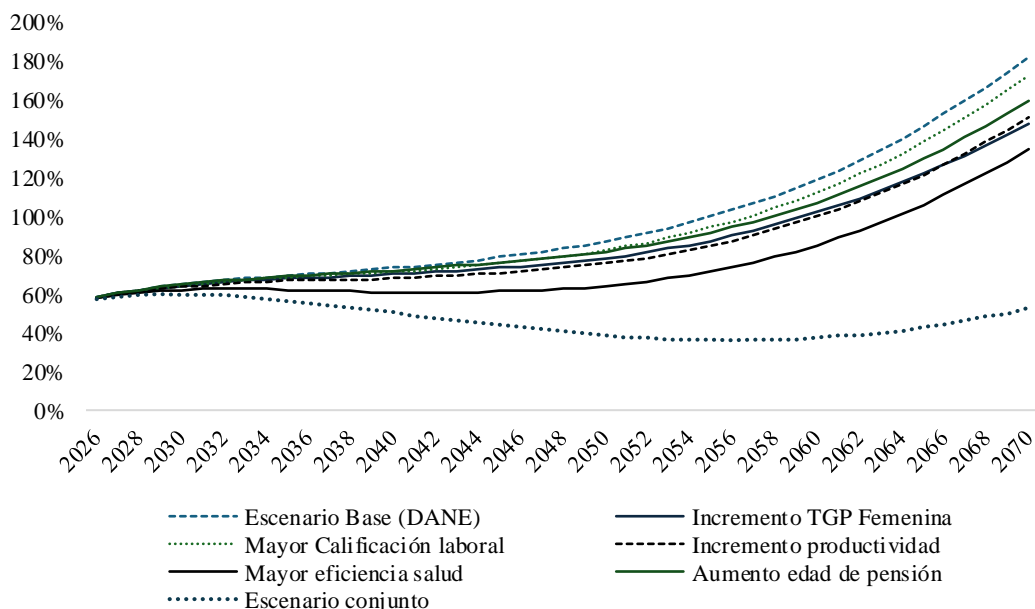
En general, los resultados muestran que los escenarios que incorporan aumentos en la participación laboral femenina, mejoras en la calificación de la fuerza de trabajo, incrementos en productividad, avances en la eficiencia del sistema de salud y ajustes graduales en la edad de jubilación exhiben trayectorias más favorables de crecimiento económico, menores déficits fiscales primarios y una dinámica de deuda pública más sostenible en el largo plazo (Cuadro 8 y Gráfico 14). La combinación de estas medidas amplifica sus efectos individuales, al contener el crecimiento del gasto asociado al envejecimiento y elevar el potencial de crecimiento de la economía, lo que permite mitigar de manera significativa los desequilibrios fiscales proyectados en el escenario base.

Cuadro 8: Indicadores fiscales GNC: proyección 2070 – Escenarios alternativos de políticas públicas

Escenarios	Gasto Primario	Transf. Pensiones	Transf. Salud	Balance primario	Deuda	Spread Deuda
Escenario Base (DANE)	26,2%	5,5%	7,9%	-8,7%	181,7%	6,9%
Incremento TGP femenina	24,2%	5,1%	6,9%	-6,5%	147,4%	5,6%
Mayor calificación laboral	25,5%	5,6%	7,7%	-8,4%	172,2%	6,5%
Incremento productividad	24,4%	5,0%	7,2%	-7,1%	150,7%	5,7%
Mayor eficiencia en salud	24,2%	5,3%	6,2%	-6,8%	134,3%	5,2%
Aumento edad de pensión	24,7%	4,0%	7,9%	-7,2%	159,2%	6,1%
Escenario conjunto	19,1%	3,3%	4,9%	-2,1%	52,4%	2,2%

Fuente: Cálculos propios con base en el MEGC.

Gráfico 14: Deuda del GNC (% del PIB) bajo escenarios alternativos de políticas públicas



Fuente: Cálculos propios con base en el MEGC

Los resultados permiten concluir que las reformas orientadas exclusivamente al crecimiento no son suficientes para corregir la dinámica fiscal; de igual forma, las reformas centradas únicamente en la contención del gasto tampoco resuelven el problema estructural. La combinación de reformas laborales, productivas y paramétricas genera efectos multiplicativos. Además, el costo de no implementar reformas es creciente y acumulativo, dado el carácter exponencial de la dinámica de la deuda. De esta forma, el envejecimiento poblacional exige un conjunto coherente, integral y oportuno de reformas estructurales. La implementación temprana de ajustes graduales reduce significativamente los costos de transición y evita la necesidad de correcciones abruptas en el futuro, fortaleciendo así la sostenibilidad fiscal y el crecimiento económico de largo plazo.

7. Conclusiones

El análisis desarrollado en este documento muestra que el envejecimiento poblacional constituye un desafío estructural para la economía colombiana. Sus efectos macroeconómicos y fiscales son persistentes y acumulativos. Las simulaciones realizadas mediante el MEGC evidencian que la transición hacia una población más longeva altera de manera significativa la dinámica del crecimiento económico, el funcionamiento del mercado laboral y la sostenibilidad de las finanzas públicas.

En el escenario demográfico base, caracterizado por la continuidad de las tendencias recientes de reducción de la fecundidad y aumento de la esperanza de vida, se proyecta un incremento sostenido del gasto primario del GNC, impulsado principalmente por mayores transferencias asociadas a los sistemas de pensiones y salud. Como resultado, el déficit primario se amplía progresivamente hacia el horizonte de 2070 y la deuda pública supera el 180 % del PIB. Esta trayectoria implica un aumento considerable del costo de financiamiento soberano y configura un escenario de elevada vulnerabilidad macroeconómica. En ausencia de reformas estructurales, las presiones fiscales derivadas del envejecimiento podrían comprometer la estabilidad macroeconómica de largo plazo y restringir de manera significativa la sostenibilidad fiscal del país.

La comparación con escenarios demográficos alternativos refuerza esta conclusión. En un escenario contrafactual sin cambio demográfico, las presiones sobre el gasto social se moderan, lo que se traduce en déficits primarios más bajos y en una trayectoria de deuda sustancialmente más sostenible. Por el contrario, en un escenario de envejecimiento más acelerado, los desequilibrios fiscales se intensifican y la dinámica de la deuda adquiere un carácter claramente explosivo. Esta heterogeneidad pone de manifiesto la alta sensibilidad de las finanzas públicas a la evolución de la estructura etaria y subraya la

necesidad de incorporar explícitamente la dimensión demográfica en el diseño de la política fiscal de mediano y largo plazo.

Los resultados también muestran que, si bien la economía colombiana ha logrado avances importantes en la acumulación de capital humano, estos progresos no son suficientes para contrarrestar los efectos cuantitativos de la transición demográfica. El aumento del gasto en educación, la ampliación de la cobertura en educación superior y la implementación de programas de becas incrementan la probabilidad de transición hacia niveles más altos de cualificación. Este proceso, modelado mediante una dinámica markoviana, evidencia una convergencia estructural hacia una fuerza laboral más calificada. No obstante, pese a la mejora en la composición educativa, un envejecimiento más acelerado reduce el tamaño de la fuerza laboral y aumenta la carga demográfica sobre los trabajadores activos, afectando negativamente el crecimiento económico y ampliando las presiones fiscales.

El principal canal de transmisión del cambio demográfico hacia la economía opera a través de la relación entre la población ocupada y la población dependiente. Incluso en escenarios con aumentos en la participación laboral y reducciones en el desempleo, el incremento de la tasa de dependencia por vejez altera la relación entre contribuyentes y beneficiarios del sistema de protección social. Esto sugiere que las mejoras en el mercado laboral, aunque necesarias, no son suficientes por sí solas para neutralizar las presiones fiscales derivadas del envejecimiento, lo que refuerza la importancia de políticas complementarias orientadas a elevar la productividad, ampliar la formalización laboral y fortalecer la acumulación de capital humano.

En este marco, los ejercicios de simulación de política sugieren que existen márgenes de acción para mitigar los efectos adversos del envejecimiento, pero estos requieren una estrategia integral. Las políticas orientadas a aumentar la participación laboral, especialmente la femenina, mejorar la calificación de la fuerza de trabajo, incrementar la PTF, elevar la eficiencia del sistema de salud y ajustar gradualmente los parámetros del sistema pensional generan impactos positivos sobre el crecimiento económico y amplían la base contributiva. Estas medidas permiten mejorar el balance primario y moderar la trayectoria de la deuda frente al escenario base.

Los resultados permiten concluir, además, que las reformas que actúan exclusivamente por el lado del crecimiento no son suficientes para corregir la dinámica fiscal inducida por el envejecimiento. De igual manera, las reformas centradas únicamente en la contención del gasto tampoco logran restablecer plenamente la sostenibilidad intertemporal. La evidencia del escenario conjunto muestra que la

combinación de reformas laborales, productivas y paramétricas genera efectos multiplicativos y no lineales, al actuar simultáneamente sobre el numerador y el denominador de la razón deuda/PIB. Esta complementariedad confirma que la sostenibilidad fiscal en un contexto de envejecimiento requiere intervenciones coordinadas y consistentes en múltiples frentes.

Desde una perspectiva estructural, los hallazgos del estudio implican una redefinición del contrato intergeneracional. El sistema actual transfiere recursos desde una base laboral decreciente hacia una población pensionada creciente, lo que tensiona el equilibrio financiero de los sistemas de protección social. Asimismo, el envejecimiento introduce un componente estructural de presión sobre el balance primario, con implicaciones directas para la regla fiscal y la gestión de la deuda pública. De no adoptarse medidas oportunas, el aumento del gasto en transferencias podría desplazar progresivamente la inversión pública productiva, afectando la capacidad de crecimiento de largo plazo y reforzando un círculo vicioso entre bajo crecimiento y mayor endeudamiento.

Otro resultado relevante es que el costo de no implementar reformas aumenta de manera exponencial en el tiempo, debido al carácter acumulativo de la deuda. La postergación de ajustes paramétricos en pensiones, de mejoras en la eficiencia del gasto en salud o de políticas que amplíen la participación laboral eleva significativamente el esfuerzo fiscal requerido en el futuro. En este sentido, la adopción temprana de reformas graduales reduce los costos de transición y evita la necesidad de ajustes abruptos que podrían generar interrupciones económicas y sociales.

El envejecimiento poblacional constituye un reto estructural que exige una respuesta coherente, integral y oportuna. La evidencia presentada sugiere que la ventana de oportunidad para implementar reformas graduales aún está abierta, pero se estrecha a medida que avanza la transición demográfica. Incorporar la dimensión poblacional en la planificación fiscal de largo plazo, fortalecer el capital humano, ampliar la participación laboral y modernizar los sistemas de protección social son condiciones necesarias para preservar la sostenibilidad fiscal y el crecimiento económico en Colombia durante las próximas décadas.

Referencias

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2017). Secular Stagnation? The Effect of Aging on Economic Growth in the Age of Automation. *American Economic Review Papers & Proceedings*.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). Demographics and Automation. NBER Working Paper.
- Aiyar, S., Ebeke, C., & Shao, X. (2016). The Impact of Workforce Aging on European Productivity. IMF Working Paper 16/238.
- Arango, L., Botero-García, J., Gallo, D., y Melo-Becerra, L. (2023). “[Efectos fiscales y macroeconómicos de diferentes riesgos del sistema de salud](#)”. *Borradores de Economía* 1258, Banco de la República de Colombia.
- Becker, G. S. (1964). Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education. University of Chicago Press.
- Bhattacharya, R., y Waymire, E. C. (2022). A basic course in probability theory. Springer.
- Bogale, A., et al. (2024). Multistate Markov models for social and demographic transitions. *Journal of Applied Statistics*.
- Bourguignon, F., Fournier, M., y Gurgand, M. (2004). Selection bias corrections based on the multinomial logit model. *Journal of Economic Surveys*, 18(1), 1–30.
- Brémaud, P. (2017). Markov chains: Gibbs fields, Monte Carlo simulation, and queues. Springer.
- Chaves Hernández, J. C. (2013). Movilidad laboral e informalidad en Colombia. *Revista Desarrollo y Sociedad*.
- DANE. Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH). Bogotá, Colombia.
- de la Fuente, A., y Doménech, R. (2015). Educational attainment in the OECD, 1960–2010. *Economic Inquiry*, 53(2), 1225–1238.
- Deaton, A. (1985). Panel data from time series of cross-sections. *Journal of Econometrics*, 30(1–2), 109–126.
- Delventhal, M., Fernández-Villaverde, J. y Guner, N. (2024). “[Demographic Transitions Across Time and Space](#)”. *CEMFI Working*, Paper No. 2402.
- European Comision, FMI, OECD, y United Nations. (2009). *System of National accounts 2008*. New York: <https://doi.org/10.5089/9789211615227.071>

- Fields, G. S., y Ok, E. A. (1999). Measuring movement of incomes. *Economica*, 66(264), 455–471.
- González, J. (2022). Transiciones laborales y calidad del empleo en Colombia. *Revista de Economía Institucional*.
- Greene, W. H. (2018). *Econometric analysis* (8th ed.). Pearson.
- Hanushek, E. A., y Woessmann, L. (2012). Do better schools lead to more growth? *Economic Journal*, 122(559), 267–321.
- Heckman, J. J., Lochner, L., y Todd, P. (2006). Earnings functions, rates of return and treatment effects. *Handbook of the Economics of Education*, Vol. 1.
- Iregui-Bohórquez, A., Melo-Becerra, L., Pinilla-Alarcón, D., y Ramírez-Giraldo, M. (2023). Evolución y carga financiera de las Enfermedades Crónicas no Transmisibles en Colombia: 2010-2021. *Borradores de Economía*.
- Jaramillo-Echeverri, J. (Coordinadora) (2026). “Cambio demográfico y sus impactos económicos en Colombia”. *Revista ESPE - Ensayos sobre Política Económica*, Banco de la República de Colombia, (por aparecer).
- Lasso, F. (2011). *Movilidad laboral en Colombia: Un análisis con pseudo-paneles*. Banco de la República.
- Melo-Becerra, L., Otero-Cortés, A., Ramos-Forero, J. y Tribín-Uribe, A. (2020). “Impacto fiscal de la migración venezolana”. Documentos de trabajo sobre Economía Regional y Urbana 289, Banco de la República de Colombia.
- Melo-Becerra, L. (Coordinadora) (2023). “Aspectos financieros y fiscales del sistema de salud en Colombia”, *Revista ESPE - Ensayos sobre Política Económica*, Banco de la República de Colombia, Número 106, pp. 1-92., octubre.
- Mincer, J. (1974). *Schooling, experience, and earnings*. Columbia University Press.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2025). *Marco Fiscal de Mediano Plazo*. <https://www.minhacienda.gov.co/politica-fiscal/documentos-planeacion-financiera/plan-financiero/2025>: Bogotá.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2021). <https://www.banrep.gov.co/es/evolucion-carga-financiera-enfermedades-cronicas-no-transmisibles-colombia-2010-2021>. <https://www.minsalud.gov.co/salud/POS/paginas/unidad-de-pago-por-capitacion-upc.aspx>: Bogotá.

- Ministerio de Salud y Protección Social. (2025). *Cifras de afiliación en salud*. Obtenido de Ministerio de Salud y Protección Social: <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/Paginas/cifras-aseguramiento-salud.aspx>
- OECD. (2012). *Education at a Glance*. OECD Publishing.
- OCDE (2024). “Enhancing Productivity and Growth in an Ageing Society: Key Mechanisms and Policy Options”. OCDE Economics Department Working Papers, No. 1807.
- Psacharopoulos, G., y Patrinos, H. A. (2004). Returns to investment in education. *Education Economics*, 12(2), 111–134.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71–S102.
- Roth, G., y Caswell, H. (2018). Analysis of life course data with absorbing states. *Demography*, 55(2), 1–25.
- Santa María, M., Prada, J. D., y Mujica, A. (2009). *Trayectorias laborales en Colombia*. Fedesarrollo.
- Shorrocks, A. F. (1978). The measurement of mobility. *Econometrica*, 46(5), 1013–1024.
- Verbeek, M. (2017). *A guide to modern econometrics* (5th ed.). Wiley.
- Verbeek, M., y Nijman, T. (1992). Can cohort data be treated as genuine panel data? *Empirical Economics*, 17(1), 9–23.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). MIT Press.

Anexo 1. Nomenclatura del MEGC

Parámetro	Descripción
β_i	Escala trabajo formal agregado
σ_i	Elasticidad agregación de trabajos
δ_i	Participación agregación de trabajos
$ca_{tnc,i}$	Progreso técnico incorporado en el factor de trabajo no calificado
$ca_{tc,i}$	Progreso técnico incorporado en el factor de trabajo calificado
$ca_{k,i}$	Progreso técnico incorporado en el factor capital
$\sigma_{v,i}$	Elasticidad valor agregado
$\delta_{v,i}$	Participación valor agregado
$\beta_{v,i}$	Escala valor agregado
$ivar_i$	Tasa de impuesto sobre la rama
$mp_{i,j}$	Coefficiente de comercialización
$\sigma_{c,j}$	Elasticidad CET exportaciones – venta doméstica
$\delta_{c,j}$	Participación CET exportaciones – venta doméstica
$\beta_{c,j}$	Escala valor CET exportaciones – venta doméstica
$\sigma_{e,iis}$	Elasticidad demanda de exportaciones
$\delta_{e,iis}$	Participación demanda de exportaciones
$aran_j$	Tasa aranceles
pwm_j	Precio importaciones antes de aranceles
$\sigma_{m,j}$	Elasticidad producto compuesto
$\delta_{m,j}$	Participación producto compuesto
$\beta_{m,j}$	Escala valor producto compuesto
iva_j	Tasa de IVA
$\sigma_{d,i}$	Elasticidad producto agregado
$\delta_{d,i}$	Participación producto agregado
σ_t	Elasticidad oferta de trabajo formal o informal
δ_t	Participación oferta de trabajo formal o informal
$shareg_j$	Participación sectorial en el gasto público
gpx_{gob}	Gasto público exógeno
$sharei_j$	Participación sectorial en la inversión
m_j	Contribución del consumo a la utilidad después de lograr subsistencia
θ_1, θ_2	Participación del ocio calificado y no calificado
m_0	Tasa de ahorro
$PETN$	Población en edad de trabajar no calificada
$PETC$	Población en edad de trabajar calificada
$wmmc_x$	Salario no calificado exógeno
$sharek_{inst}$	Participación de cada institución en el EBE
$timp_{inst}$	Tasa impositiva de cada institución
$tcssc_{hog}$	Tasa de contribución a la seguridad social (SS) a pensión de los deciles calificados
$tcssncf_{hog}$	Tasa de contribución a la SS a pensión de los deciles formales calificados
$tcssnci_{hog}$	Tasa de contribución a la SS a pensión de los deciles calificados
$tcsssc_{hog}$	Tasa de contribución a la seguridad social (SS) a salud de los deciles calificados

<i>tcssncf_{hog}</i>	Tasa de contribución a la SS a salud de los deciles formales calificados
<i>tcssnci_{hog}</i>	Tasa de contribución a la SS a salud de los deciles calificados
<i>remesas</i>	Remesas del exterior
<i>tint_{inst}</i>	Tasa de rentas de la propiedad de las instituciones
<i>tdiv_{inst}</i>	Tasa de dividendos de las instituciones
<i>pss_{inst}</i>	Prestaciones a la seguridad social de las instituciones
<i>tint_{inst}</i>	Tasa de rentas de la propiedad que pertenece a las instituciones
<i>tii_{gob}</i>	Tasa de interés interna que paga el gobierno general
<i>deudai_{gob}</i>	Deuda interna que paga el gobierno general
<i>tie_{gob}</i>	Tasa de interés externa que paga el gobierno
<i>deudae_{gob}</i>	Deuda externa que paga el gobierno general
<i>css_{insti}</i>	Participación en la captación de las contribuciones a SS
<i>shareint_{hog}</i>	Participación de los deciles de hogares en los intereses
<i>sharediv_{hog}</i>	Participación de los deciles de hogares en los dividendos
<i>sharepss_{hog}</i>	Participación de los deciles de hogares en las prestaciones de seguridad social
<i>shareimp_{gob}</i>	Participación de las instancias de gobierno en el recaudo del impuesto de renta
<i>sharearan_{gob}</i>	Participación de las instancias de gobierno en el recaudo de aranceles
<i>shareivar_{gob}</i>	Participación de las instancias de gobierno en el recaudo de impuestos a la producción
<i>shareiva_{gob}</i>	Participación de las instancias de gobierno en el recaudo de impuestos sobre el producto
<i>savek_{adres,pens}</i>	Ahorro fijo de ADRES y del sector pensiones
<i>sgp</i>	Porcentaje que representa el Sistema General de Participaciones
<i>fajuscm</i>	Factor para ajustar el ingreso de los hogares por Colombia Mayor.
<i>ingsol</i>	Transferencias a los hogares vulnerables por COVID-19
<i>PAEF</i>	Transferencias a las empresas vulnerables por COVID-19

Parámetros Sistema de Seguridad Social

Parámetros SS	Descripción
<i>UPCbase</i>	UPC del régimen contributivo que fija el Gobierno
<i>CONTRIB</i>	Afiliados al régimen contributivo
<i>SUBSIDI</i>	Afiliados al régimen subsidiado
<i>UPCbase</i>	UPC del régimen contributivo que fija el Gobierno
<i>flocation</i>	Factor que ajusta teniendo en cuenta la localización dentro del país
<i>fcosteta_{c,s}</i>	Factor que ajusta teniendo en cuenta el costo etario para cada régimen
<i>fUPCs</i>	Porcentaje de la UPC del RC que representa la UPC del RS
<i>FDEMANDA</i>	Factor trending de frecuencias
<i>fcosteta_{c,s}</i>	Factor de mejora de acceso de ambos regímenes
<i>FNUEVPRO</i>	Factor de nuevos procedimientos en salud incluidos en el PBS
<i>FEFICIE</i>	Factor de mejora de eficiencia
<i>FINEFI</i>	Factor de empeora de eficiencia
<i>freco_{c,s}</i>	Factor que agrega los recobros al pago de la SS en salud de cada régimen
<i>frestoa</i>	Factor que incluye los otros gastos de ADRES
<i>factorpss</i>	Factor que ajusta el valor al de CEI
<i>gexbeps</i>	Gasto existente en BEPS
<i>rvexist</i>	Nº de rentas vitalicias existentes
<i>vaprom</i>	Valor promedio bimensual de una renta vitalicia BEPS
<i>factorbeps</i>	Factor que ajusta el valor simulado al real de datos administrativos

$gnbeps$	Gasto anual por rentas vitalicias nuevas en BEPS
$rvnue$	Rentas vitalicias nuevas BEPS
$n^{\circ}pens_{1SM}$	Numero de pensionados con 1 salario mínimo
SM	Salario mínimo
$n^{\circ}mesadas$	Número de mesada
$n^{\circ}pens_{>1SM}$	Número de pensionados que reciben más de 1 salario mínimo
NSM	Salario relevante para pensiones distintas a las de salario mínimo
Fondos especiales	Prestaciones en pensiones fondos CASUR, CREMIL, FOMAG, FONPET y FOPEP.
$gBEPS$	Gasto total en BEPS
$ajustepens$	Factor que ajusta el valor al de CEI
$benColMa$	Beneficiarios de Colombia Mayor (ColMa)
$Auxmen$	Valor del auxilio que reciben los beneficiarios de ColMa
$frestColMa$	Factor que ajusta el valor al de CEI

Variables Positivas

Variables positivas	Descripción
tc_i	Trabajo calificado
$tncf_i$	Trabajo no calificado formal
tt_i	Total trabajo formal
$tnci_{inf}$	Trabajo no calificado informal
wc_i	Salario calificado
$wncf_i$	Salario no calificado
w_i	Salario total formal
k_i	Stock de capital
r_i	Remuneración al capital
va_i	Valor agregado formal
pva_i	Precio valor agregado formal
vai_{inf}	Valor agregado informal
$pvai_{inf}$	Precio valor agregado informal
$io_{j,i}$	Coefficientes de insumo – producto
y_i	Producción formal
py_i	Precio producción formal
yi_{inf}	Producción informal
pyi_{inf}	Precio producción informal
yd_j	Producto formal
pyd_j	Precio producto formal
ydi_j	Producto formal
$pydi_j$	Precio producto formal
x_j	Exportaciones
px_j	Precio de exportaciones
d_j	Ventas domésticas
pd_j	Precio ventas domésticas
m_j	Importaciones
pm_j	Precio importaciones después de aranceles
pwx_j	Precio externo exportaciones
er	Tasa de cambio
xt_{iis}	Exportaciones del resto del mundo
pw_{iis}	Precio mundial de exportaciones
pxc_j	Precio producto compuesto

c_j	Consumo de los productos
g_j	Gasto público en los productos
v_j	Compras intermedias
$zinv_j$	Nivel de inventarios
\bar{c}_j	Consumo mínimo de subsistencia
Y_{subs}	Ingreso mínimo de subsistencia
$E(WC)$	Ingreso salarial esperado de los calificados
$PEAC$	Población económicamente activa calificada
$E(WNC)$	Ingreso salarial esperado de los no calificados
$PEANC$	Población económicamente activa no calificada
$OING$	Ingresos distintos a los salariales
$desem_c$	Tasa de desempleo de los calificados
$tsncf$	Oferta de trabajo no calificado formal
$tsnci$	Oferta de trabajo no calificado informal
$desem_{ncf}$	Tasa de desempleo de los formales no calificados
$desem$	Tasa de desempleo general
$wsncf$	Salario medio no calificado formal
$wsnci$	Salario medio no calificado informal
$impues_{inst}$	Impuestos sobre el ingreso y la renta que pagan las instituciones
er	Tasa de cambio

Variables Libres

Variables libres	Descripción
inv_j	Inversión sectorial
$Yisp_{inst}$	Ingreso disponible de los hogares
inv_t	Inversión total (pública y privada)
$yfac_{inst}$	Ingreso factorial de los hogares
$trans_{inst}$	Transferencias
$tansr_{inst}$	Transferencias que reciben las instituciones
$transe_{inst}$	Transferencias que entregan las instituciones
$deficit_{gnc}$	Déficit del GNC

Anexo 2: Cálculo factor de costo etario

A2a. Régimen contributivo

Grupos etarios	Factor Costo etario RC	Afiliados Régimen Contributivo (Miles)			
		Escenario Base	Escenario Base	Escenario sin cambio	Escenario cambio rápido
Año	2023-2070	2023	2070	2070	2070
0_less1	2,9966	192	79	150	35
1_4	0,8618	794	332	616	140
5_14	0,3475	2.931	1.298	2.562	694
15_18_H	0,3354	714	337	568	193
15_18_M	0,5262	660	310	526	178
19_44_H	0,5785	5.609	3.941	4.813	2.713
19_44_M	1,0683	5.333	9.974	12.091	11.264
45_49	1,0902	1.693	1.999	2.094	1.820
50_54	1,3796	1.479	1.954	1.808	1.795
55_59	1,6332	1.453	2.076	1.771	1.771
60_64	2,0971	1.349	2.277	2.067	2.065
65_69	2,5977	1.076	2.250	2.133	2.130
70_74	3,1411	811	2.119	2.150	2.141
MAS75	3,9188	812	3.085	3.302	3.233
Total Afiliados RC (Miles)		24.906	32.031	36.650	30.171
Factor Costo etario Ponderado		1,181	1,618	1,508	1,685

Anexo 2: Cálculo factor de costo etario (cont.)

A2b. Régimen subsidiado

Grupos etarios	Factor Costo etario RS	Afiliados Régimen Subsidiado (Miles)			
		Escenario Base	Escenario Base	Escenario sin cambio	Escenario cambio rápido
Año	2023-2070	2023	2070	2070	2070
0_less1	2,7654	330	134	257	58
1_4	0,8179	1.365	542	1.037	226
5_14	0,3267	4.302	1.675	3.714	637
15_18_H	0,3847	929	432	736	241
15_18_M	0,6381	920	426	730	238
19_44_H	0,6415	4.585	852	1.044	426
19_44_M	1,0154	5.765	848	1.944	250
45_49	1,0376	1.500	1.688	1.839	1.381
50_54	1,2973	1.425	1.757	1.728	1.487
55_59	1,5738	1.393	1.914	1.689	1.527
60_64	1,9465	1.254	2.043	1.920	1.710
65_69	2,4125	981	1.938	1.935	1.703
70_74	2,9424	726	1.832	1.915	1.702
MAS75	3,6575	808	2.034	3.082	1.745
Total Afiliados RS (Miles)		26.283	18.116	23.570	13.332
Factor Costo etario Ponderado		1,091	1,752	1,624	1,944

Fuente: Resultados del modelo MEGC.

Anexo 3: Modelación de los diferentes pilares del Sistema de Pensiones

A3.1 Pilar Contributivo

En este pilar todas las cotizaciones al sistema pensional sobre un ingreso laboral de hasta 2,3 SMMLV irán al fondo público administrado por Colpensiones. Mientras que las cotizaciones superiores a ese umbral irán a la Administradora del Componente Complementario de Ahorro Individual (ACCAI) compuesto por los fondos privados de pensiones (anteriormente RAIS). De esta forma se asume en el modelo que todas las cotizaciones de los trabajadores no calificados (tanto asalariados como no asalariados) ingresan a Colpensiones, ya que su ingreso promedio es igual o inferior a 2,3 SMMLV; mientras que solo el 38,3% de las cotizaciones de los trabajadores calificados ingresan a Colpensiones y el restante 61,7% va hacia ACCAI, ya que su ingreso promedio es superior a 2,3 SMMLV.

$$\text{Ingresos cotizaciones}_{pens,t} = wncf_{hog,t}tncf_{hog,t}tcssncf + wnci_{hog,t}tnci_{hog,t}tcssnci + (1 - cotmas2,3SM)wc_{hog,t}tc_{hog,t}tcssc$$

Por el lado del pago de prestaciones de seguridad social de este pilar, se proyectan los pensionados con la siguiente ley de movimiento, en donde los pensionados totales por un salario mínimo serán un stock inicial de pensionados en el año de calibración, más unos nuevos pensionados, que corresponden a un porcentaje de trabajadores no calificados formales que aportan tanto a salud y pensión ($ncfsyp$), como solo a pensión ($ncfp$). De este modo se caracteriza a los cotizantes activos a pensiones, que cada año se retirarán del mercado laboral para ser pensionados. Este flujo se modela mediante una tasa de retiro, calibrada como la cantidad de nuevos pensionados sobre el stock de cotizantes anuales (Jaramillo-Echeverri et al. (2026). Finalmente, al total de pensionados se le aplica una tasa de defunción, reflejando el supuesto de que en el modelo no se incluye la figura de pensión de sobrevivientes.

$$\begin{aligned} \text{Total pensionados } 1SM_t & \\ &= \left(\text{Total pensionados } 1SM_{t-1} + \text{Tasa de retiro}_t * tncf_{hog,t}(ncfsyp + ncfp) \right) (1 - \text{defunción}) \end{aligned}$$

Para los pensionados de más de un salario mínimo se aplica la misma ley de movimiento, con la excepción de que estos se vinculan al trabajo calificado de la economía:

$$\begin{aligned} \text{Total pensionados mas } 1SM_t & \\ &= \left(\text{Total pensionados mas } 1SM_{t-1} + \text{Tasa de retiro}_t * tc_{hog,t}(csyp + cp) \right) (1 - \text{defunción}) \end{aligned}$$

Para extraer de este total de pensionados, los que harían parte del nuevo sistema de pensiones, simplemente se resta los pensionados que permanecen en el Régimen de Transición (ver sección 4.5.2.3) y que van desapareciendo:

$$pens\ 1SM\ Pilar\ Contributivo_t = Total\ pensionados\ 1SM_t - pens\ 1SM\ Transición_t$$

$$pens\ mas\ 1SM\ Pilar\ Contributivo_t = Total\ pensionados\ mas\ 1SM_t - pens\ mas\ 1SM\ Transición_t$$

Así, el pago total de prestaciones de seguridad social del Pilar Contributivo serán el salario mínimo que se paga a los pensionados por 1 SMMLV; más 1,43 veces el salario mínimo que en promedio se paga a los pensionados por más de 1 SMMLV, ambos pagos entregados en forma de 13 mesadas anuales.

$$\begin{aligned} \text{Pilar Contributivo}_t &= (pens\ 1SM\ Pilar\ Contributivo_t * wmnx_t + \\ & pens\ mas\ 1SM\ Pilar\ Contributivo_t * (1,43 * wmnx_t)) * mesadas \quad (A2.3) \end{aligned}$$

A3.2 Pilar Semi-contributivo

Este pilar beneficia mujeres y hombres (hasta 60 y 65 años respectivamente) que no han alcanzado las semanas mínimas de cotización para obtener una pensión, pero que pueden acceder a una Renta Vitalicia. Se compone de:

- Mujeres que tengan 57 o más años y hombres con 62 o más años, que cuenten con menos de 300 semanas cotizadas, y declaren su imposibilidad de continuar cotizando. Estos recibirían una Indemnización Sustitutiva de Pensión de Vejez (Art 37. Ley 100 de 1993). Estas personas se modelan con una ley de movimiento que los vincula a los trabajadores no calificados (formales e informales) que cotizaron al sistema de pensión. Se estima que alrededor del 3% de estos cotizantes tendrían menos de 300 semanas cotizadas.

$$P_{menos300_t} = \left(P_{menos300_{t-1}} + Tasa\ de\ retiro_t * 3\% \right. \\ \left. * \left(tncf_{hog,t}(ncfsyp + ncfp) + tnci_{hog,t}(ncisyp + ncip) \right) \right) (1 - defunción)$$

En cuanto al valor se asume que la indemnización total se repartirá en pagos anuales, de modo que el monto pagado será un 73% del salario mínimo $\$P_{menos300_t} = 73\% * wmncx_t$.

- Personas con menores recursos que son elegibles en el Pilar Solidarios y que cotizaron entre 300 y 999 semanas, y recibirán una Renta Vitalicia que será liquidada por Colpensiones, que se calculará según los aportes realizados a Colpensiones actualizados con el IPC, junto con sus rendimientos. Estas personas se modelan con una ley de movimiento que los vincula a los trabajadores no calificados (formales e informales) que cotizaron al sistema de pensión. Se estima que alrededor del 15% de estos cotizantes cumplirían con las condiciones para hacer parte de este programa.

$$P_{mas300 P_t} = \left(P_{mas300 P_{t-1}} + Tasa\ de\ retiro_t * 15\% \right. \\ \left. * \left(tncf_{hog,t}(ncfsyp + ncfp) + tnci_{hog,t}(ncisyp + ncip) \right) \right) (1 - defunción)$$

En cuanto al valor se asume que se le pagaran 13 mesadas anuales por un valor del 19,8% del salario mínimo $\$P_{mas300 P_t} = 19,8\% * wmncx_t$.

- Personas que no son elegibles en el Pilar Solidario, pero que cotizaron entre 300 y 999 semanas, recibirán una Renta Vitalicia basada en tus aportes actualizados con IPC, aumentado en un 3% efectivo anual. Además, recibirás un subsidio del 20% (hombres) o 30% (mujeres) sobre el monto resultante, junto con el saldo y los rendimientos de tu cuenta de ahorro individual. Estas personas se modelan con una ley de movimiento que los vincula a los trabajadores no calificados (formales e informales) que cotizaron al sistema de pensión. Se estima que alrededor del 23% de estos cotizantes cumplirían con las condiciones para hacer parte de este programa.

$$P_{mas300 NP_t} = \left(P_{mas300 NP_{t-1}} + Tasa\ de\ retiro_t * 23\% \right. \\ \left. * \left(tncf_{hog,t}(ncfsyp + ncfp) + tnci_{hog,t}(ncisyp + ncip) \right) \right) (1 - defunción)$$

En cuanto al valor se asume que se le pagaran 13 mesadas anuales por un valor del 30,1% del salario mínimo $\$P_{mas300 NP_t} = 30,1\% * wmncx_t$.

- Personas que ahorran en el programa BEPS. Se modelan con una ley de movimiento que vincula a los trabajadores no calificados informales que cotizaron al sistema de pensión. Se estima que alrededor del 8% de estos cotizantes cumplirían con las condiciones para hacer parte del programa.

$$PBEPS_t = \left(PBEPS_{t-1} + Tasa\ nuevos\ beneficiarios\ BEPS_t * 8\% * \left(tnci_{hog,t}(ncisyp + ncip) \right) \right) (1 - defunción)$$

En cuanto al valor de la renta vitalicia se asume que se le pagaran 6 mesadas anuales, por un valor del 22% del salario mínimo mensual multiplicado dos veces, ya que por ley se realizan los pagos cada dos meses $\$BEPS_t = (22\% * wmncx_t * 2)$. De esta forma, el pago total de prestaciones de seguridad social del Pilar Semi-contributivo será la suma del pago de cada subcomponente:

$$\begin{aligned} \text{Pilar Semi} - \text{contributivo}_t &= P_{menos300}_t * \$P_{menos300}_t * 1 + P_{mas300}_t * \$P_{mas300}_t * 13 + P_{mas300}_{NP}_t \\ &* \$P_{mas300}_{NP}_t * 13 + PBEPS_t * \$BEPS * 6 \end{aligned}$$

A3.3 Pilar solidario

Beneficia a personas mayores que cuenten con menos recursos. Se les entrega una Renta Básica Solidaria mensual, equivalente al valor mínimo para superar la pobreza extrema \$223.800 para el 2024. Este valor se incrementa con el IPC del modelo. La proyección de personas beneficiarias de este pilar es tomada de Jaramillo-Echeverri et al. (2026), y se espera que al 2070 llegue a 4,8 millones de personas.

Régimen de transición: Este régimen garantiza la aplicación de la Ley 100 de 1993 a los antiguos pensionados del sistema y a los afiliados que se encuentran cercanos a cumplir los requisitos de pensión. Este régimen se modela tomando como punto de partida los pensionados en 2024 de uno y más de un SMMLV y se aplica una tasa de marchitamiento, de tal forma que en 50 años no quede ningún pensionado en este régimen.

$$\begin{aligned} pens\ 1SM\ Transición_t &= pens\ 1SM\ Transición_{t-1} - \frac{Total\ pensionados\ 1SM_{t=2024}}{50} \\ pens\ mas\ 1SM\ Transición_t &= pens\ mas\ 1SM\ Transición_{t-1} - \frac{Total\ pensionados\ mas\ 1SM_{t=2024}}{50} \end{aligned}$$

Ambas ecuaciones empezando desde el $t = 2025$. De esta forma, el pago total de prestaciones de seguridad social en el Régimen de Transición será:

$$\text{Régimen Transición}_t = (pens\ 1SM\ Transición_t * wmncx_t + pens\ mas\ 1SM\ Transición_t * (1,43 * wmncx_t)) * mesadas$$

A3.4. Fondos especiales

La falta de acceso a los microdatos de los afiliados a estos fondos limita la modelación detallada, por lo que se utilizan el promedio de los últimos diez años de las tasas de crecimiento de cada administradora para proyectar su gasto futuro. Con todo lo anterior, se obtiene el total de pagos por prestaciones de seguridad social en pensiones del gobierno (pss_{pens}), que incluye el gasto total de los Pilares Contributivo y Semi-contributivo, el Régimen de Transición y los Fondos Especiales:

$$pss_{pens,t} = \text{Pilar Contributivo}_t + \text{Pilar Semicontributivo}_t + \text{Régimen Transición}_t + FOPEP_t + CASUR_t + CREMIL_t + FOMAG_t + FONPET_t$$