



# GEM-CARE COLOMBIA: UN MODELO DINÁMICO DE EQUILIBRIO GENERAL CON PERSPECTIVA DE GÉNERO PARA EL ANÁLISIS DE LA ECONOMÍA DEL CUIDADO

Julio de 2022

Martin Cicowiez  
Hans Lofgren


### **Martín Cicowiez**


Docente de la Universidad Nacional de La Plata e Investigador del Centro de Estudios Distributivos, Laborales y Sociales. Experto en desarrollo y aplicación de modelos de equilibrio general computable y microsimulaciones. Doctor en Economía de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina). Especialista en modelación computacional de Quanta Cuidado y Género.

### **Hans Lofgren**

Investigador independiente, experto en modelos de Equilibrio General Computable para el análisis de políticas de mediano y largo plazo. Doctor en Economía de la Universidad de Texas en Austin (EE.UU). Especialista en modelación computacional de Quanta Cuidado y Género.

 @cuidadoygenero

 quanta@javeriana.edu.co

 [www.cuidadoygenero.org](http://www.cuidadoygenero.org)

**Cicowiez, M., Lofgren, H., (2022).  
GEM-Care Colombia: Un modelo dinámico de equilibrio general con perspectiva de género para el análisis de la economía del cuidado. Documento de trabajo Quanta – Cuidado y Género. Recuperado de:  
<https://cuidadoygenero.org/gem-care-colombia-modelo>**

## 1. Introducción

El presente documento pretende ser una guía para el uso del modelo GEM-Care, un modelo dinámico de Equilibrio General Computable (EGC) con perspectiva de género diseñado para el análisis de políticas a nivel de país, y con un foco especial en cuestiones vinculadas a la economía del cuidado. En ese sentido, GEM-Care toma elementos de la literatura sobre modelos de EGC con perspectiva de género que inició el trabajo de Fontana y Wood (2000); en Fontana (2014) puede consultarse una revisión detallada de dicha literatura. GEM-Care es una extensión de GEM-Core (Cicowicz y Lofgren, 2017) que, a su vez, toma elementos de Lofgren et al. (2013) y Lofgren et al. (2002). GEM-Care, al igual que GEM-Core y otros modelos de EGC, puede clasificarse como un modelo multipropósito.<sup>1</sup> Es decir, aunque hace foco en la perspectiva de género y la economía del cuidado, puede emplearse para analizar un amplio espectro de temas que típicamente son relevantes en el análisis de EGC. Por ejemplo, crecimiento económico, espacio fiscal, choques externos, pobreza, desigualdad, entre otros.

La dinámica del modelo es de tipo recursiva. Es decir, se supone que consumidores y productores son miopes – i.e., toman decisiones con base en información del período presente, que están influenciadas por lo ocurrido en períodos pasados pero no futuros. Además, GEM-Care puede emplearse en modo estático para realizar análisis de estática comparativa. Asimismo, GEM-Care puede funcionar con bases de datos con diferentes niveles de desagregación – i.e., puede utilizarse tanto en aplicaciones macroeconómicas como en aplicaciones que consideren una desagregación importante en términos de sectores productivos, factores de producción y/u hogares. Naturalmente, la utilización de GEM-Care para aplicaciones vinculadas con género y cuidado, implica desagregar los aspectos de la base de datos vinculados con género y cuidado todo lo que se requiera para que el análisis sea de utilidad (e.g., el trabajo debe identificar, como mínimo, hombres y mujeres).

El resto del documento se organiza de la siguiente forma: la Sección 2 realiza un resumen de la literatura de EGC con algún tipo de perspectiva de género; además, menciona algunas aplicaciones del método del EGC para Colombia; la Sección 3 realiza una presentación discursiva y no técnica de GEM-Care y su base de datos; la Sección 4 contiene la presentación matemática del modelo; y, por último, se presenta un breve apartado de comentarios finales.

## 2. Revisión de la Literatura

En los últimos 20 años, se han publicado trabajos que emplean modelos de EGC que incluyen, en mayor o menor medida, la perspectiva de género. En términos generales, esta literatura ha demostrado la capacidad del método del EGC para identificar efectos diferenciados por género de distintos tipos de shocks. En este apartado, realizamos una breve revisión de esta literatura; en Fontana (2013) y Fontana et al. (2020) pueden consultarse revisiones de esta literatura más exhaustivas.

Los modelos de EGC con perspectiva de género pueden separarse en dos grandes grupos. Por un lado, están los modelos que solo incluyen la dimensión de género en el mercado laboral. Específicamente, solo suponen que las distintas actividades productivas incluidas dentro del PIB utilizan trabajo masculino y femenino. En otras palabras, este primer enfoque se limita a desagregar por género algunos componentes de lo que podría denominarse un modelo de EGC estándar.

---

<sup>1</sup> Además, cabe mencionar los siguientes modelos multipropósito para el análisis de políticas a nivel de país: Agénor et al. (2007), Cicowicz y Lofgren (2017), Decaluwé et al. (2013), Lofgren et al. (2002), y McDonald (2015).

Típicamente, los datos muestran que la composición por género del empleo varía entre sectores. Por ejemplo, la producción de servicios de educación y salud tienen una proporción de empleo femenino mayor que la minería. Por su parte, el sector de servicio doméstico está, en su gran mayoría, compuesto por trabajo femenino. En consecuencia, shocks – de política o de otro tipo – que impacten de forma diferente sobre los distintos sectores productivos tendrán, en consecuencia, efectos diferentes sobre los ingresos laborales de hombres y mujeres. El trabajo pionero de Arndt y Tarp (2000) analiza los efectos que tendrían sobre hombres y mujeres cambios exógenos de la productividad y de los costos de comercialización del sector agrícola en Mozambique. Específicamente, la MCS que utilizan los autores para calibrar su modelo de EGC identifica el empleo masculino y femenino en agricultura. Los autores se concentran en los efectos sobre los ingresos laborales de hombres y mujeres, entre otros indicadores. Más recientemente, Severini et al. 2019 desarrollaron un modelo para Italia en el que desagregan a los hogares representativos de su modelo en masculinos y femeninos según el sexo del principal aportante al ingreso total del hogar. En esta literatura, otros trabajos similares son Arndt et al. 2006 y Arndt et al. 2011. Sin embargo, aunque distinguen entre trabajo masculino y femenino, la exclusión del trabajo doméstico y de cuidado no remunerado limita la utilidad de este tipo de modelos para capturar efectos diferenciales por género.

Por otro lado, varios autores han desarrollado modelos de EGC que, además de introducir trabajo masculino y femenino en las actividades productivas incluidas dentro del PIB, incorporan el trabajo reproductivo o trabajo doméstico y de cuidado no remunerado. Es decir, esta literatura utiliza modelos de EGC que incorporan sectores productivos excluidos del PIB.<sup>2</sup> El trabajo de Fontana y Wood (2000) fue el primero en desarrollar un modelo de EGC con trabajo reproductivo; ellos evalúan los efectos que tendrían cambios en el comercio internacional y en el ingreso de capitales en Bangladesh sobre hombres y mujeres. Los resultados que obtienen enfatizan la relevancia de analizar el trabajo reproductivo en conjunto con la producción típicamente incluida dentro del PIB. En la práctica, el modelo de Fontana y Wood incorpora la producción para autoconsumo de servicios producidos dentro del hogares (i.e., trabajo doméstico y de cuidado no remunerado).

En este segundo grupo, también podemos ubicar los trabajos de Fontana (2004) para Bangladesh y Zambia, Cockburn et al. (2007) para Sudáfrica, Siddiqui (2009) para Pakistán, Mitik y Decaluwé (2009) para Sudáfrica, Ruggeri Laderchi et al. (2010) para Etiopía, Mosa et al. (2020) para Etiopía, y Escalante y Maisonnave (2022) para Bolivia.<sup>3</sup> Es interesante mencionar que, al igual que Fontana y Wood (2000), varios de estos trabajos analizan cuestiones vinculadas con el comercio internacional.

Naturalmente, un modelo de EGC con TDCNR permite responder preguntas respecto del tiempo que hombres y mujeres dedican a la producción de bienes y servicios incluidos y excluidos del PIB. Por ejemplo, es posible analizar cambios en el tiempo que hombres y mujeres destinan a trabajar fuera del hogar, trabajar dentro del hogar y al ocio. En consecuencia, se consideran tres dimensiones importantes del bienestar tanto individual como del hogar. En la práctica, la calibración de un modelo de EGC con TDCNR requiere de información típicamente contenida en una encuesta de uso del tiempo para su calibración.

GEM-Care contribuye a esta literatura al concentrarse en el análisis de la economía del cuidado y las políticas públicas sobre trabajo doméstico y de cuidado remunerado y no remunerado. En particular, a diferencia de los modelos utilizados en los trabajos citados, GEM-Care incorpora la sustitución imperfecta entre servicios de cuidado incluidos y excluidos del PIB, distingue entre ingresos obtenidos fuera y dentro del PIB, permite considerar transferencias de cuidado entre hogares y

---

<sup>2</sup> En este sentido, cabe mencionar que la producción incluida dentro del PIB incluye tanto la producción de mercado como así también la producción de no mercado.

<sup>3</sup> Sin embargo, cabe mencionar que el trabajo de Escalante y Maisonnave (2022) para Bolivia utiliza información de Perú para cuantificar el TDCNR.

desde el gobierno hacia los hogares, e identifica los segmentos formal e informal del mercado laboral.

GEM-Care ha sido utilizado para analizar políticas de cuidado en Corea del Sur (Cicowiez y Lofgren, 2021) y políticas energéticas para las áreas rurales de Nigeria (Cicowiez et al., 2022). Por ejemplo, Cicowiez et al. (2022b) estudian cómo la infraestructura productiva que reduce el tiempo necesario para realizar tareas de cuidado puede tener efectos positivos sobre el bienestar en general y el bienestar de las mujeres en áreas rurales en particular. El modelo que se describe en este documento difiere de las versiones anteriores de GEM-Care en varios aspectos. Por ejemplo, la incorporación de los segmentos formal e informal del mercado laboral se introdujo con el objetivo de capturar de mejor manera el mercado laboral colombiano. El Apéndice A describe las diferencias entre las economías de Colombia y Corea del Sur que justifican el desarrollo de una nueva versión de GEM-Care para ser aplicada a Colombia.

En los últimos 25 años, se desarrollaron varios modelos de EGC para Colombia. En general, este tipo de modelos se utilizaron para evaluar shocks vinculados con (a) el sector agrícola (por ejemplo, Manrique et al., 2008; Argüello y Valderrama-Gonzalez, 2015; Banerjee et al., 2021; Jiménez et al. 2022), y (b) la política tributaria (por ejemplo, Karl, 2004; Botero, 2011; Hernández, 2012). Además, los modelos de EGC se han utilizado para estudiar otros tópicos tales como cambio climático (Álvarez-Espinosa et al., 2017; Romero et al., 2018), la legalización de la droga (Atuesta y Hewings, 2013) y el comercio internacional (Haddad et al., 2009; Arguello, 2009). Sin embargo, ninguno de los autores citados han incluido la perspectiva de género. Es interesante mencionar que organismos públicos como el Departamento Nacional de Planeación tienen tradición en el uso de este tipo de modelos para el análisis de distintos tipos de shocks (ver, por ejemplo, el modelo MEG4C).

Finalmente, cabe mencionar que, hasta donde tenemos conocimiento, otros dos trabajos en proceso para Colombia también están incorporando la perspectiva de género en modelos de EGC: López (2020), López et al. (2015, 2021) y Cespedes (2022). Sin embargo, al no existir todavía trabajos que los describan, no podemos determinar similitudes y/o diferencias con GEM-Care Colombia. Específicamente, López (2020) hace referencia a un modelo de EGC con economía del cuidado desarrollado para Colombia y en notas periodísticas la autora explica que “si se reconoce el cuidado como un sector productivo, el valor de este en el PIB pasaría de ser del 20 al 37%” (Moreno, 2022).

### 3. Presentación No Técnica de GEM-Care y su Base de Datos

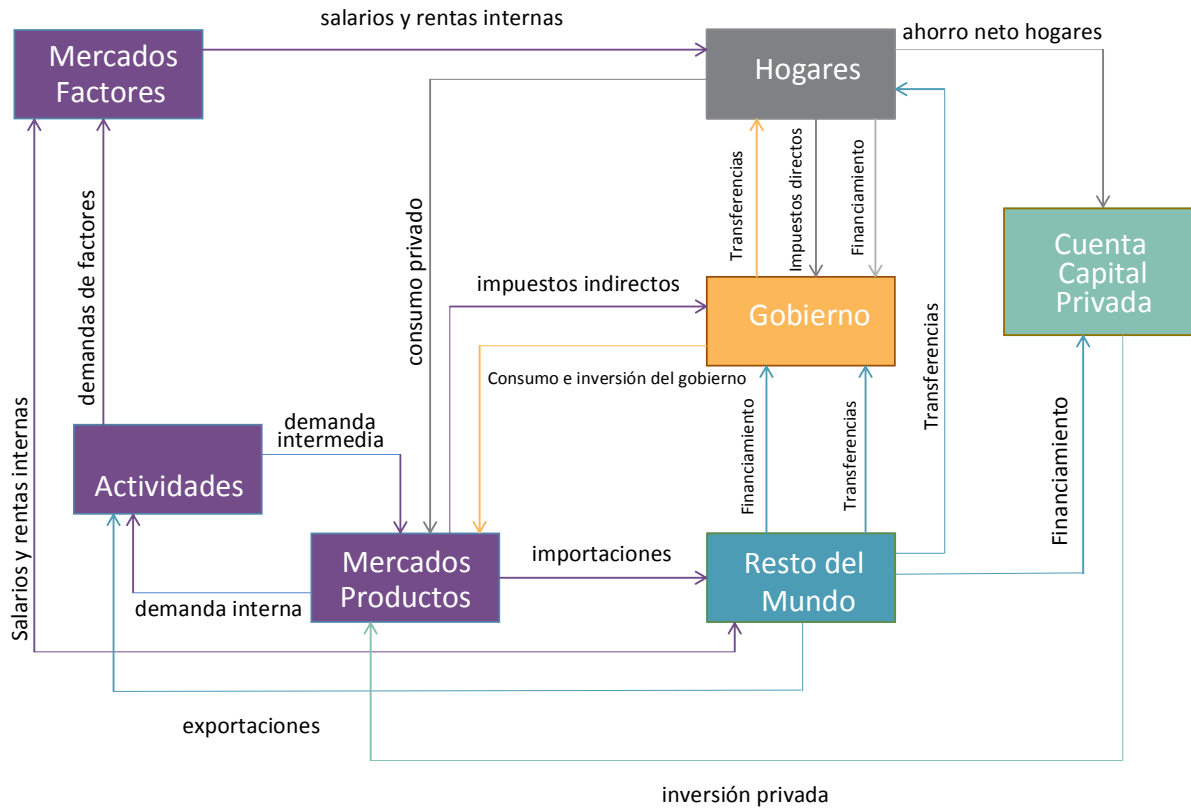
#### 3.1. Estructura del Modelo – Módulo Estático

El módulo estático de GEM-Care cubre un único período y, en otros términos, cubre las transacciones intra-período o que se realizan al interior de cada uno de los períodos para los que se soluciona el modelo. Así pues, este módulo representa el modelo completo cuando se lo utiliza para el análisis de estática comparativa. La Figura 3.1 muestra la estructura de pagos (o el flujo circular de la renta) que cubre el módulo estático de GEM-Care. La Tabla 3.1 utiliza el formato de una Matriz de Contabilidad Social (MCS) para mostrar la misma estructura de pagos pero con una desagregación mayor.<sup>4</sup> Sin embargo, en lugar de mostrar valores numéricos, la Tabla 3.1 describe el contenido de las diferentes celdas de la MCS; la notación utilizada se presenta en la Tabla 3.2.

---

<sup>4</sup> Una MCS es una representación matricial de las interrelaciones, en una economía, entre sectores productores individuales, factores de producción e instituciones. La MCS de la Tabla 2.1 es una matriz cuadrada con las mismas cuentas en filas y columnas. Las celdas muestran pagos desde la cuenta de la columna hacia la cuenta de la fila. La suma de las celdas que aparecen en una columna registra el ingreso total de la cuenta de la columna. La suma de las celdas que aparecen en una fila registra el gasto total de la cuenta de la fila. La consistencia

**Figura 3.1: Diagrama del flujo de pagos en GEM-Care Colombia**



Notas: Este diagrama describe los distintos flujos de pago definidos en el modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: Elaboración de los autores.

contable hace que la suma de filas y columnas correspondientes deban igualarse. En la práctica, esto significa que ninguna cuenta (o agente económico) puede gastar por sobre sus ingresos, y que cada ingreso debe utilizarse de alguna forma que se registra en la MCS. El procedimiento seguido para construir la MCS utilizada en la calibración de GEM-Care para Colombia puede consultarse en Cicowiez et al. (2022).



**Tabla 3.2: Cuentas y celdas en la Matriz de Contabilidad Social agregada**

| Account     | Explanation                                    | Cell entry | Explanation                          |
|-------------|--|------------|--------------------------------------|
| a-oth-prv   | actividades - otras privado                    | borr       | endeudamiento neto                   |
| a-oth-gov   | actividades - otras gobierno                   | cons       | consumo                              |
| a-hser-gdp  | actividades - servicios hogares remunerados    | cssoc      | contribuciones sociales              |
| a-hser-ngdp | actividades - servicios hogares no remunerados | drf        | variación reservas internacionales   |
| a-leisure-f | actividades - ocio - mujeres                   | dstk       | variación de existencias             |
| a-leisure-m | actividades - ocio - hombres                   | exp        | exportaciones                        |
| c-oth-prv   | productos - otras privado                      | fdi        | inversión extranjera directa         |
| c-oth-gov   | productos - otras gobierno                     | gfcf       | formación bruta de capital fijo      |
| c-hser-gdp  | productos - servicios hogares remunerados      | imp        | importaciones                        |
| c-hser-ngdp | productos - servicios hogares no remunerados   | interm     | insumos intermedios                  |
| c-leisure-f | productos - ocio - mujeres                     | output     | producción nacional                  |
| c-leisure-m | productos - ocio - hombres                     | sav        | ahorro                               |
| f-lab-f     | trabajo - mujeres                              | tax        | recaudación tributaria               |
| f-lab-m     | trabajo - hombres                              | trnsfr     | transferencias                       |
| f-cap       | capital  | va         | valor agregado                       |
| tax-indir   | impuestos - indirectos                         | yfac       | ingreso factorial instituciones      |
| tax-dir     | impuestos - directos                           | yrow       | ingreso factorial al resto del mundo |
| hhd         | instituciones - hogares                        |            |                                      |
| gov         | instituciones - gobierno                       |            |                                      |
| row         | instituciones - resto del mundo                |            |                                      |
| cap-hhd     | cuenta capital - hogares                       |            |                                      |
| cap-gov     | capital account - gobierno                     |            |                                      |
| cap-row     | capital account - resto del mundo              |            |                                      |
| inv-prv     | inversión - FBCF privado*                      |            |                                      |
| inv-gov     | inversión - FBCF gobierno                      |            |                                      |
| dstk        | inversión - variación de existencias           |            |                                      |

Notas: Esta tabla describe las cuentas y las celdas de la Matriz de Contabilidad Social de Colombia. Más detalles de la construcción de la matriz se encuentran en Cicowiez et al. (2022a). (\*) En la celda sam('cap-hhd','cap-row'), también se incluye financiamiento externo de la inversión no vinculado con inversión extranjera directa. Fuente: elaboración de los autores con base a Cicowiez et al. (2022a).

La Figura 3.1 se utiliza como referencia para describir GEM-Care. En esta, las flechas muestran la dirección de los pagos. En la dirección opuesta, y excepto para las transferencias, dichos pagos se realizan a cambio de algo como, por ejemplo, la provisión de bienes o servicios. Los elementos principales en la Figura 3.1 son actividades (i.e., los sectores productivos o industrias), productos (bienes y servicios producidos por las actividades y/o importados desde el resto del mundo), factores de producción e instituciones (o sectores institucionales) tales como hogares, empresas, gobierno (general) y resto del mundo. En una aplicación de GEM-Care, la mayoría de esos elementos se desagregan para identificar, por ejemplo, trabajo y capital como factores de producción.<sup>5</sup> Es interesante destacar que, en comparación con la mayoría de los modelos de EGC, GEM-Care tiene un tratamiento detallado para el financiamiento de las inversiones públicas y privadas. Por lo tanto, la cuenta de capital privada tiene su propio recuadro en la Figura 3.1 al mismo tiempo que la inversión pública se considera dentro del presupuesto del gobierno.

En lo que sigue, la presentación del modelo supone que GEM-Care se utiliza para analizar la economía del cuidado con perspectiva de género. Más precisamente, se describe GEM-Care cuando

<sup>5</sup> De la misma forma, en una MCS que se utiliza para calibrar GEM-Care, la mayoría de las cuentas suelen desagregarse.



se consideran tanto las transacciones que forman parte del PIB como aquellas que están excluidas del PIB (i.e., Trabajo Doméstico y de Cuidado no Remunerado [TDCNR]).<sup>6</sup> En este sentido, la Tabla 3.1 contiene las cuentas a-hser-ngdp y c-hser-ngdp entre las actividades y productos.<sup>7</sup> En este documento, la producción contenida dentro del PIB hace referencia a producción para el mercado.<sup>8</sup> Ahora bien, en el estudio del cuidado, suele ser importante que las actividades y productos que hacen referencia a servicios que producen los hogares tengan la desagregación suficiente; por ejemplo, pueden desagregarse las actividades y productos vinculados con el cuidado de niños y adultos mayores del propio hogar o familia. Asimismo, es necesario que el factor trabajo incluya todo el uso del tiempo que se considera (y es endógeno) en el modelo. En particular, es importante incluir en el modelo el tiempo dedicado al ocio y la producción tanto dentro como fuera del PIB. Por el contrario, el modelo no considera el tiempo que se destina a cubrir las necesidades mínimas de cuidado personal como dormir e higiene personal. Es decir, GEM-Care considera que el tiempo destinado a estas actividades no es discrecional o, implícitamente, es exógeno. Asimismo, es fundamental la identificación del trabajo que realizan hombres y mujeres – ver celdas [f-lab-m] y [f-lab-f] en la Tabla 3.1. Sin embargo, cabe aclarar que esta presentación de GEM-Care es muy general en el sentido de que captura lo que podría hacerse en (a) una aplicación macroeconómica con un número pequeño de cuentas que solo cubren lo que incluye el PIB, o (b) una aplicación muy desagregada en la que también se cubre la producción no incluida dentro del PIB.

Ahora bien, las actividades destinan su producción al mercado interno o externo como exportaciones. Además, las actividades utilizan los ingresos que obtienen por la venta de productos para cubrir los costos de los insumos intermedios y los salarios y rentas de los factores productivos que emplean. Las actividades del gobierno (e.g., administración pública) solo utilizan trabajo. En cambio, las actividades privadas emplean, en su mayoría, trabajo y capital. Para las actividades del gobierno, el nivel de producción se determina según la demanda del gobierno, un instrumento de política que, a su vez, determina el empleo público y el uso de insumos intermedios. Para las actividades privadas, la maximización de beneficios determina las decisiones sobre utilización de factores que, a su vez, determina el nivel de producción y las demandas de insumos intermedios.<sup>9</sup> Por su parte, los volúmenes de venta a los mercados interno y externo dependen del precio relativo para ambos destinos.

Los hogares – que también pueden desagregarse – obtienen su ingreso de sus dotaciones factoriales y de las transferencias (netas) que reciben del gobierno y/o del resto del mundo.<sup>10</sup> En primer lugar, los hogares pagan impuestos directos (i.e., al ingreso). Luego, destinan proporciones constantes de su ingreso disponible al consumo de bienes y servicios – de productos incluidos en el PIB pero también de productos excluidos del PIB y ocio – y al ahorro. El gasto en cada bien o servicio se determina mediante la maximización de una función de utilidad. A su vez, el ahorro de los hogares,

---

<sup>6</sup> En Cicowiez et al. (2022) puede consultarse una discusión detallada de las transacciones que se incluyen y excluyen en el PIB para el caso particular de Colombia.

<sup>7</sup> En el SCN, la producción que se incluye en el PIB se conoce como incluida “dentro de los límites de la producción”; ella incluye (a) toda la producción destinada al mercado o provista gratuitamente por el gobierno o ISFLSH (instituciones sin fines de lucro que sirven a los hogares), (b) la producción de bienes para autoconsumo de los hogares, y (c) los servicios de viviendas ocupadas por sus propietarios. Así, no incluye la producción de servicios para autoconsumo de los hogares (e.g., preparación de alimentos y cuidado de niños y adultos mayores) (UN 2009:6-7).

<sup>8</sup> Esto no es completamente correcto debido a que el PIB también incluye los servicios de viviendas ocupadas por sus propietarios y bienes producidos por los hogares para autoconsumo.

<sup>9</sup> La función de producción supone, tanto para actividades públicas como privadas, que los insumos intermedios y el valor agregado se determinan mediante un coeficiente fijo por unidad de producto. Luego, en una segunda etapa, la sustitución entre trabajo y capital se determina mediante una función CES (Elasticidad de Sustitución Constante); ver Sección 3 para más detalles sobre las formas funcionales que utiliza GEM-Care.

<sup>10</sup> En la Figura 3.1, las transferencias están, implícitamente, neteadas (i.e., se mueven en una única dirección) y por lo tanto pueden ser negativas. En el modelo y en su base de datos, es posible incluir transferencias en ambas direcciones.

neto del endeudamiento interno del gobierno y el cambio en las reservas internacionales, se utiliza para financiar la inversión privada.

En esta estructura, los servicios que producen los hogares para su autoconsumo (i.e., cuidado y trabajo doméstico como cocinar y limpiar) son particularmente importantes en el contexto de GEM-Care. En particular, dichos servicios son producidos por una actividad que utiliza trabajo de los miembros del propio hogar y destina su producción para el consumo exclusivo del hogar que proveyó ese trabajo. Más precisamente, esos servicios son vendidos en el mercado de productos para que sean comprados exclusivamente por el hogar que proporcionó el trabajo utilizado para producirlos.

La demanda de consumo de los hogares se modela en etapas de forma tal que las demandas de servicios que pueden producirse tanto dentro como fuera del hogar (i.e., por el mercado o por el gobierno; ver celdas [c-hser-gdp] y [c-hser-ngdp] en la Tabla 3.1, respectivamente) dependen de los precios relativos. En general, debido a la falta de información sobre los insumos intermedios que se utilizan en la producción de TDCNR, la producción de servicios por parte de los hogares solo utiliza trabajo. En ese caso, el valor imputado por las ventas de esos servicios es igual al ingreso laboral que recibe el hogar respectivo.<sup>11</sup> En consecuencia, el valor unitario o precio del servicio se determina por el costo de los insumos utilizados para producirlo – trabajo principalmente (o únicamente). El hecho de considerar la producción y el consumo de servicios de los hogares dentro de una estructura más general permite enriquecer el modelo de manera considerable mientras que la modelación se complica relativamente poco. Es interesante mencionar que estas extensiones también pueden emplearse en contextos diferentes, pero estructuralmente similares en cuanto a las decisiones de consumo de los hogares, consumo intermedio de las firmas y discriminación de salarios y precios (ver Sección 4).

El gobierno como institución (i.e., no como actividad productiva) obtiene sus ingresos de la recaudación de impuestos, transferencias desde el resto del mundo, y endeudamiento neto con los hogares y el resto del mundo. A su vez, el gobierno emplea estos recursos para realizar transferencias a los hogares, consumir (o proveer) bienes y servicios e invertir en los stocks de capital que se emplean para la provisión de sus servicios. Por construcción, el gobierno debe cumplir con su restricción presupuestaria. Para ello, el gobierno debe ajustar endógenamente uno o más componentes de su gasto u obtener ingresos adicionales de una o más fuentes para financiar su gasto.

El resto del mundo recibe y envía pagos en divisas que aparecen en la balanza de pagos. Las importaciones se representan como pagos desde el mercado de productos hacia el resto del mundo mientras que las exportaciones se representan como pagos desde el resto del mundo hacia el mercado de productos (ver Figura 3.1). Por tanto, una porción de la oferta de bienes y servicios proviene del resto del mundo.

En la MCS estilizada de la Tabla 3.1, toda la producción del gobierno se destina al mercado interno mientras que la producción privada se destina tanto a los mercados internos como a los externos. Sin embargo, puede ocurrir que algunos productos sean no transables, solo exportados o solo importados. Los pagos a factores del resto del mundo son los únicos pagos no vinculados al comercio de bienes y servicios que, en la Figura 3.1, se realizan al resto del mundo. Los ingresos de divisas desde el resto del mundo no vinculados con las exportaciones son las transferencias netas y el endeudamiento externo público y privado; el último incluye también inversión extranjera distinta de la Inversión Extranjera Directa (IED). En una aplicación dinámica, los pagos hacia/desde el resto del mundo no vinculados al comercio internacional se obtienen de proyecciones exógenas.

---

<sup>11</sup> Naturalmente, esto no es cierto si la producción de servicios dentro del hogar utiliza insumos intermedios. En ese caso, el ingreso laboral es menor al valor imputado por las ventas de esos servicios.

El precio de los productos del gobierno (i.e., producidos por actividades del gobierno tales como administración pública o educación pública) dependen del costo unitario de producción que típicamente incluye trabajo e insumos intermedios. En este sentido, cabe recalcar que la oferta de bienes públicos se determina por la demanda del gobierno. En cambio, en los mercados de bienes y servicios privados, precios flexibles aseguran el equilibrio entre demanda y oferta de productos nacionales.

Como vimos, una porción de la demanda se cubre con importaciones; el ratio entre demanda de importaciones y productos nacionales depende del ratio de precios correspondiente (i.e., los precios que enfrentan los demandantes que incluyen impuestos sobre los productos y márgenes de comercialización y transporte). Luego, un incremento en el ratio de precios importado/nacional hace caer el ratio entre importaciones y compras de productos nacionales (y viceversa). De forma similar, los productores nacionales (i.e., las actividades) también consideran precios relativos cuando determinan cuánto vender de su producción en los mercados internos y externos. En general, tanto para exportaciones como para importaciones, suponemos que Colombia es un país pequeño y por tanto toma como exógenos los precios mundiales respectivos.<sup>12</sup>

Ahora bien, la respuesta de exportaciones e importaciones a cambios en precios relativos se vincula con el mecanismo que GEM-Care utiliza para igualar entradas y salidas de divisas en la balanza de pagos. Es decir, los cambios en el tipo de cambio real (i.e., el ratio entre los niveles de precios internacional y nacional) generan cambios en los volúmenes de exportaciones e importaciones. Por ejemplo, manteniendo todo lo demás constante, una depreciación del tipo de cambio real puede eliminar un déficit en la cuenta corriente de la balanza de pago al incrementar las cantidades exportadas y reducir las cantidades importadas (y viceversa para una apreciación del tipo de cambio real).

En la estructura descrita, los servicios que producen los hogares (e.g., el cuidado de niños que mayormente proveen mujeres) son parte de la producción privada destinada al mercado interno. Así, al igual que los demás productos privados, sus precios son flexibles y equilibran las cantidades ofrecidas y demandadas. Por ejemplo, manteniendo todo lo demás constante, el precio de los servicios de cuidado provistos por los hogares se incrementaría si los salarios de las mujeres aumentaran (i.e., se produce un desplazamiento a la izquierda de la curva de oferta por un aumento de costos) y/o si hay un incremento del precio de los sustitutos de mercado para los servicios de cuidado provistos por miembros del hogar (i.e., se produce un desplazamiento a la derecha de la curva de demanda). La estructura en niveles de la función de utilidad descrita previamente permite llegar a estas respuestas (ver Sección 3 para más detalles).

En los mercados de factores, hay curvas de demanda con pendiente negativa tanto para el trabajo como para el capital (físico o natural) vinculadas con la respuesta de las actividades productivas a cambios en salarios y rentas. Por otro lado, en cada período del modelo, la oferta factorial es constante y se representa con una curva de oferta vertical. Para el trabajo, esto significa que no hay un modelado explícito del desempleo. En la práctica, esto es una consecuencia de suponer que el trabajo se refiere a una cantidad exógena de tiempo cuya asignación a distintos usos es endógena y se determina dentro del modelo (i.e., 24 horas al día menos las que se destinan al cuidado personal). El tiempo de desempleo (i.e., tiempo asignado a trabajar dentro del PIB) es explícitamente asignado a otros usos, como ocio o trabajo en actividades excluidas del PIB.<sup>13</sup> En consecuencia, cada minuto de las 24 horas diarias es destinado a una actividad en específico.

---

<sup>12</sup> GEM-Care ofrece, además, la posibilidad de hacer endógenos los precios mundiales de exportación e importación mediante funciones de demanda y oferta, respectivamente, con elasticidad-precio constante.

<sup>13</sup> La oferta de trabajo (o tiempo) total es vertical. Sin embargo, la oferta de trabajo para las actividades incluidas dentro del PIB tiene pendiente positiva – suponiendo todo lo demás constante, un salario más alto en las actividades incluidas en el PIB genera una reasignación del tiempo a esas actividades.

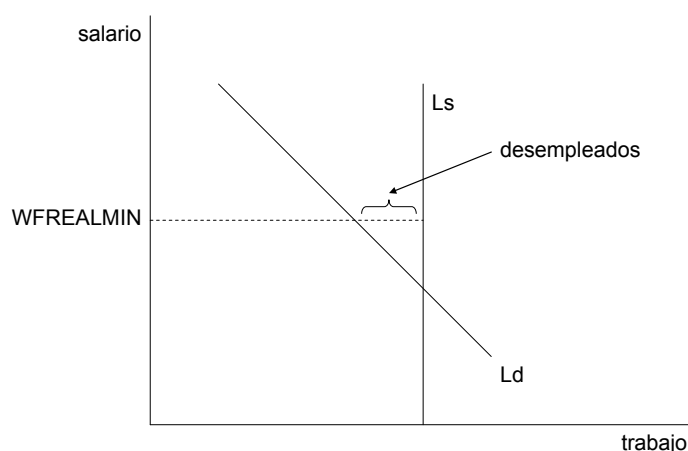
## Segmentos Formal e Informal del Mercado Laboral

GEM-Care Colombia, a diferencia de versiones anteriores del modelo, permite considerar un mercado laboral segmentado en formal e informal. Sin embargo, se supone que los trabajadores formales desempleados pueden ocuparse en el sector informal de la economía. La formulación que utilizamos tiene algunas similitudes con Devarajan et al. (1999), aunque permitiendo que una porción de los trabajadores que no consiguen emplearse en el segmento formal del mercado laboral permanezcan desempleados. Es decir, quienes no consiguen emplearse en el segmento formal del mercado laboral tienen dos alternativas: (1) emplearse en el segmento informal del mercado laboral (proporción LAMBDA), o (2) permanecer desempleado (proporción (1-LAMBDA)).<sup>14</sup> Además, GEM-Care Colombia supone que la proporción de los no empleados en el mercado formal que se ocupan en el mercado informal del mercado laboral crece con el cociente entre salarios formales e informales.

El mercado laboral está segmentado en formal e informal. En el primer caso, existe desempleo con salario real inflexible a la baja; como consecuencia, mientras exista desempleo, el nivel de empleo formal se determina sólo por la demanda de trabajo formal. En la literatura, pueden encontrarse diversas explicaciones para justificar la existencia de un salario mínimo en el segmento formal del mercado laboral: salarios de eficiencia, existencia de sindicatos, regulaciones del gobierno (específicamente, salario mínimo), entre las más importantes. En cambio, se supone que el segmento informal del mercado laboral es perfectamente competitivo. Es decir, existe pleno empleo con salario real completamente flexible. En términos generales, nuestra modelación supone que, en la calibración del modelo, los salarios formales superan a los salarios informales.

El funcionamiento del mercado laboral se ilustra en la Figura 3.2; el panel a (b) muestra el mercado de trabajo formal (informal). En el mercado formal los trabajadores reciben un salario mínimo, superior al que igualaría oferta con demanda. Como se mencionó, una porción LAMBDA de los no empleados en el mercado formal se ocupa en el mercado informal. El resto, permanece desempleado.

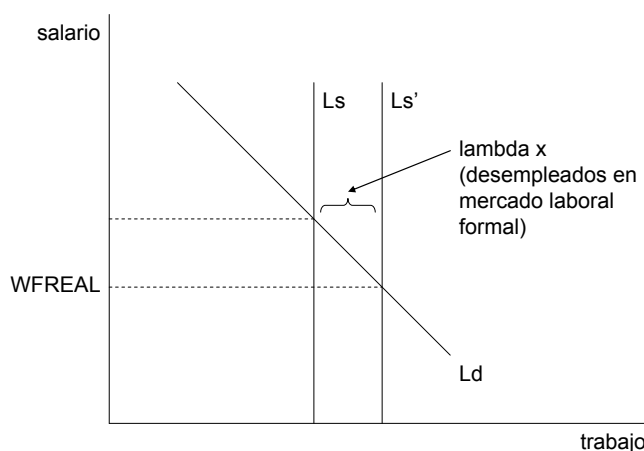
**Figura 3.2.a: Funcionamiento del Mercado de Trabajo Formal**



<sup>14</sup> De hecho, con LAMBDA=1 se obtiene el tratamiento del mercado laboral propuesto por Devarajan et al. (1999).

Notas: Esta figura describe el funcionamiento del mercado de trabajo formal en el modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: Elaboración de los autores.

**Figura 3.2.b: Funcionamiento del Mercado de Trabajo Informal**



Notas: Esta figura describe el funcionamiento del mercado de trabajo informal en el modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: Elaboración de los autores.

### 3.2. Estructura del Modelo – Módulo Dinámico

El módulo dinámico (o inter-período) se utiliza cuando el análisis abarca múltiples períodos. En este caso, la economía crece en el tiempo debido al crecimiento del empleo de factores, como trabajo y capital, y también al crecimiento de la productividad factorial. En ambos casos, el crecimiento del empleo coincide con el crecimiento del stock. Para el capital, el stock depende de la inversión y la depreciación. Para el trabajo, el stock depende del crecimiento poblacional de hombres y mujeres en edad de trabajar. Por su parte, la productividad factorial tiene un componente exógeno y otro que, opcionalmente, depende del crecimiento del stock de capital público.

El módulo dinámico también permite dar seguimiento a los stocks de deuda. GEM-Care modela el endeudamiento externo del gobierno y del sector privado (i.e., hogares y empresas) y el endeudamiento interno del gobierno. Por tanto, empleando los resultados del modelo y supuestos sobre las tasas de interés reales y stocks iniciales de deuda, es posible obtener la evolución de los stocks de deuda o activos. Lo mismo aplica para el stock de reservas internacionales que se computa en base al stock inicial y los cambios que se registran en cada período.

### 3.3. Áreas de Análisis de Política

En la práctica, un modelo como GEM-Care puede analizar un amplio rango de políticas y choques exógenos. Por ejemplo, más allá del foco de este proyecto, la economía del cuidado, GEM-Care puede utilizarse para analizar distintos escenarios en los que un aumento del espacio fiscal se utiliza para financiar un gasto público – corriente y/o de capital – más elevado. Luego, es posible considerar distintas fuentes de financiamiento tanto interno (deuda o impuestos) como externo (deuda).

Por otro lado, GEM-Care también puede emplearse para analizar los efectos de choques que impactan sobre los precios mundiales de exportación y/o importación, flujos migratorios y remesas que los hogares reciben desde el resto del mundo. Además, es relativamente simple estudiar los

efectos de cambios demográficos al incluir ajustes en el tamaño de la población y en su estructura etaria. Finalmente, cabe destacar la posibilidad de combinar distintos choques. Por ejemplo, puede analizarse cómo es que escenarios alternativos para la evolución de las exportaciones impactan sobre las posibilidades del gobierno de financiar distintas intervenciones de política pública.

Finalmente, GEM-Care también puede determinar el impacto sobre pobreza y desigualdad de los distintos escenarios contrafácticos simulados. Para ello, dispone de un módulo de pobreza similar al desarrollado en Lofgren et al. (2013). En pocas palabras, el resultado que arroja GEM-Care para el cambio en el bienestar de cada hogar representativo (uno o más) se utiliza para estimar medidas de pobreza y desigualdad. En particular, el módulo de pobreza permite elegir entre las siguientes tres alternativas para estimar el impacto sobre pobreza y desigualdad: (i) elasticidad de la pobreza con respecto al bienestar per cápita de cada hogar representativo constante; (ii) distribución del bienestar per cápita dentro de cada hogar representativo log-normal; y (iii) distribución del bienestar per cápita dentro de cada hogar representativo obtenida de una encuesta de hogares, en el caso de Colombia de la GEIH.<sup>15</sup> En el último caso, cada uno de los hogares de la GEIH se vincula con uno de los hogares representativos de la MCS que se emplea para calibrar GEM-Care. En caso de identificar un único hogar representativo, los resultados de pobreza se generan bajo el supuesto de distribución del bienestar (o ingreso) sin cambios.<sup>16</sup>

### 3.4. Base de Datos

Para comenzar, el nivel de desagregación de una aplicación de GEM-Care lo determina la base de datos que se emplea para calibrarlo. Usualmente, en la práctica, una base de datos para GEM-Care se almacena en un único archivo Excel. El componente más importante de la base de datos que se requiere para aplicar GEM-Care al análisis estático de la economía del cuidado es una MCS, datos sobre uso del tiempo para hombres y mujeres (tiempo dedicado a trabajo en actividades incluidas en el PIB, trabajo en actividades excluidas del PIB y ocio), estimaciones de población, y elasticidades de oferta y demanda vinculadas con producción, comercio internacional y consumo de los hogares. La MCS se utiliza para asignar un valor a gran parte de los parámetros del modelo; en particular, a los vinculados con las tecnologías de producción, la oferta de productos (nacionales o importados), la demanda de productos (para consumo de los hogares y gobierno, inversión y exportaciones), transferencias entre instituciones y tasas tributarias.

En el caso de una aplicación dinámica de GEM-Care, el escenario base contra el que se comparan los demás requiere de proyecciones de población (por edad y sexo), PIB y políticas públicas. Típicamente, el escenario base se modela como un escenario de “business-as-usual” en el que las políticas públicas se suponen sin cambios y en el que se genera una senda de crecimiento relativamente balanceado. Por ejemplo, el escenario base puede generarse bajo el supuesto de que varios indicadores (e.g., el consumo público y la inversión pública) crecen a la misma tasa de crecimiento del PIB que, a su vez, puede estar estimada en base a la historia reciente del país que se modela.

Naturalmente, el tipo de análisis que puede realizarse con GEM-Care depende del nivel de detalle que posea la MCS y el resto de la base de datos. En particular, para analizar cuestiones vinculadas con la economía del cuidado es fundamental que haya una representación desagregada de la producción de servicios de cuidado y del uso del tiempo. Luego, debido a que GEM-Care es un

---

<sup>15</sup> En la práctica, la alternativa que se implementa suele depender de los datos disponibles.

<sup>16</sup> Alternativamente, los resultados de GEM-Care podrían utilizarse para alimentar un modelo de microsimulación separado para generar resultados distributivos.

modelo de equilibrio general, el cuidado será considerado en el contexto del resto de la economía, incluyendo las decisiones y restricciones presupuestarias de los hogares, los productores y el gobierno. En el caso de los hogares, ese contexto más amplio incluye usos alternativos para el tiempo de sus miembros.

## 4. Presentación Matemática de GEM-Care

En esta sección se realiza la presentación matemática de GEM-Care, mostrando las relaciones que, en conjunto con la base de datos, determinan los resultados de las simulaciones que se realizan.<sup>17</sup> Naturalmente, una buena comprensión de la estructura del modelo y su base de datos es necesaria para una buena comprensión de los resultados de cualquier simulación. La presentación se divide en dos subsecciones: notación (4.1), y ecuaciones (4.2). En toda la sección la presentación se organiza alrededor de distintas tablas.

### 4.1. Notación

La Tabla 4.1.1 presenta los principios de la notación que utilizamos; dicha notación busca facilitar la comprensión de la presentación matemática de GEM-Care. Las Tablas 4.1.2 a 4.1.5 definen los conjuntos o subíndices del modelo, variables, parámetros escritos con letras latinas y parámetros escritos con letras griegas, respectivamente. En todas esas tablas, los elementos están ordenados alfabéticamente. GEM-Care es un modelo dinámico y, por lo tanto, todas las variables y parámetros que típicamente cambian en el tiempo tienen el subíndice de tiempo ( $t$ ) incluido en su dominio.

En principio, todos los componentes del modelo pueden estar potencialmente activos. Sin embargo, si algunos se utilizan o no en una aplicación determinada depende de la información que contenga la base de datos.

**Tabla 4.1.1: Principios de la notación de las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia**

| Ítems                  | Notación  | Ejemplo                |
|------------------------|---|------------------------|
| Conjuntos o subíndices | Letras latinas minúsculas como subíndices de variables y parámetros             | Ver fila siguiente     |
| Variables endógenas    | Letras latinas mayúsculas (sin barra encima de ellas)*                          | $QG_{c,t}$             |
| Variables exógenas**   | Letras latinas mayúsculas con una barra encima de ellas*                        | $\overline{QFS}_{f,t}$ |
| Parámetros**           | Letras latinas minúsculas* o letras griegas minúsculas (con o sin superíndices) | $ica_{c,a}; \rho_c^q$  |

Notas: esta tabla describe los principios básicos de la notación en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia.\*Los nombres de las variables y parámetros escritos con letras latinas minúsculas que representan precios, cantidades y remuneraciones factoriales empiezan con  $P$ ,  $Q$  y  $WF$ , respectivamente. \*\*La diferencia entre variables y parámetros es que los últimos siempre son exógenos mientras que las primeras pueden ser endógenas bajo ciertos supuestos. Fuente: elaboración de los autores.

<sup>17</sup> GEM-Care está codificado en GAMS (the General Algebraic Modeling System); ver [www.gams.com](http://www.gams.com).

**Tabla 4.1.2: Conjuntos o subíndices de las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia**

| <b>Nombre</b>   | <b>Descripción</b>   |
|---|--|
| $a \in A$   | actividades (sectores de producción o industrias)  |
| $a \in AGDP(\subset A)$                                       | actividades incluidas en el PIB  |
| $a \in ANGDP(\subset A)$                                      | actividades no incluidas en el PIB (ocio y actividades de producción de servicios para autoconsumo de los hogares) |
| $c \in C$   | productos (i.e., bienes y servicios)   |
| $c \in CD(\subset C)$   | productos con producción nacional y ventas internas  |
| $c \in CE(\subset C)$   | productos exportados   |
| $c \in CM(\subset C)$   | productos importados   |
| $c \in CT(\subset C)$   | servicios vinculados con los márgenes de distribución (i.e., comercio y transporte)                                |
| $c \in C1(\subset C)$   | productos en el nivel superior (1) de la función de utilidad   |
| $c \in C2(\subset C)$   | productos en el nivel inferior (2) de la función de utilidad   |
| $c \in CSAM \subset C$  | productos que aparecen en la MCS   |
| $c \in CNSAM \subset C$                                       | productos que no aparecen en la MCS  |
| $d \in D$   | demandantes internos (actividades, márgenes de distribución, hogares, gobierno e inversión)                        |
| $f \in F$   | factores   |
| $f \in FVA(\subset F)$  | factores que reciben remuneración y aparecen en la MCS   |
| $f \in FCAP(\subset F)$                                       | factores capital   |
| $f \in FCAPG(\subset FCAP, \not\subset FVA)$                  | factores capital público (no reciben remuneración)   |
| $f \in FCAPNG(\subset FCAP, \subset FVA)$                     | factores capital privado (reciben remuneración)  |
| $f \in FLAB(\subset FVA)$                                     | factores trabajo (reciben remuneración)  |
| $f \in FNSAM(\subset F)$                                      | factores que no aparecen en la MCS   |
| $f \in FOTH(\subset FVA, \not\subset FLAB, \not\subset FCAP)$ | otros factores (reciben remuneración pero no son capital ni trabajo)   |
| $f \in FSAM(\subset F)$                                       | factores que aparecen en la MCS  |
| $f \in F1(\subset F)$   | factores en el nivel superior (1) de la función de producción de valor agregado                                    |
| $f \in F2(\subset F)$   | factores en el nivel inferior (2) de la función de producción de valor agregado                                    |
| $i \in INS$   | instituciones  |
| $i \in INSD(\subset INS)$                                     | instituciones nacionales   |
| $i \in INSDNG(\subset INSD)$                                  | instituciones nacionales privadas  |
| $i \in INSNG(\subset INS)$                                    | instituciones nacionales privadas y resto del mundo  |
| $h \in H(\subset INSDNG)$                                     | hogares  |
| $(c, c') \in MC2C1$   | vínculo entre $c$ en $C2$ y $c'$ en $C1$   |
| $(f, f') \in MF2F1$   | vínculo entre $f$ en $F2$ y $f'$ en $F1$   |
| $(h, angdp) \in MHANGDP$                                      | vínculo entre hogares y actividades excluidas del PIB  |
| $t \in T$   | períodos (años de simulación)  |
| $t \in TMIN$  | año base (primer año de simulación)  |
| $tac \in TAC$   | márgenes de distribución (productos nacionales vendidos internamente, importados y exportados)                     |
| $tacd \in TACD(\subset TAC)$                                  | márgenes de distribución para productos nacionales vendidos internamente   |
| $tace \in TACE(\subset TAC)$                                  | márgenes de distribución para exportaciones  |
| $tace \in TACM(\subset TAC)$                                  | márgenes de distribución para importaciones  |



Notas: esta tabla describe los conjuntos o subíndices utilizados en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: elaboración de los autores.

**Tabla 4.1.3: Variables utilizadas en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia**

| <b>Name</b>      | <b>Description</b>  |
|------------------|---|
| $CPI_t$          | índice de precios al consumidor   |
| $DKA_{f,a,t}$    | inversión en el capital f de la actividad a   |
| $DKINS_{i,f,t}$  | inversión de la institución i (en INS) en el capital f  |
| $DPI_t$          | índice de precios internos al productor (utiliza PDS)   |
| $EG_t$           | gasto corriente del gobierno  |
| $EH_{h,t}$       | gasto de consumo del hogar h  |
| $EXR_t$          | tipo de cambio (moneda nacional por unidad de moneda del resto del mundo)   |
| $INV_{i,t}$      | valor de la inversión (incluyendo variación de existencias) de la institución i (en INSNG)  |
| $INVG_t$         | valor de la inversión (incluyendo variación de existencias) del gobierno  |
| $MPS_{i,t}$      | propensión marginal a ahorrar para la institución nacional privada i (en INSDNG)  |
| $MPSSCAL_t$      | factor de escala para MPS   |
| $NFFG_t$         | financiamiento externo neto del gobierno (en moneda del RdM)  |
| $NFF_{i,t}$      | financiamiento externo neto de la institución nacional privada i (en INSDNG) (en moneda del RdM)  |
| $PA_{a,t}$       | precio de la producción de la actividad a   |
| $PDD_{c,t}$      | precio de demanda del producto c (en C) de producción nacional y vendido internamente   |
| $PDS_{c,t}$      | precio de oferta del producto c (en C) de producción nacional y vendido internamente  |
| $PE_{c,t}$       | precio de exportación de c (en C) (moneda nacional) (neto del impuesto a la exportación y del margen de distribución)   |
| $PK_{f,t}$       | precio (unitario) del capital f   |
| $PM_{c,t}$       | precio de importación de c (en C) (moneda del RdM) (incluye arancel a la importación y margen de distribución)  |
| $PQD_{c,d,t}$    | precio del producto c (en C) que incluye componentes nacional e importado para el demandante interno d (en D) (incluye subsidio, impuesto selectivo al consumo, IVA y margen de distribución) |
| $PQS_{c,t}$      | precio del producto c (en C) que incluye componentes nacional e importado (incluye arancel a la importación y márgenes de distribución)   |
| $PX_{c,t}$       | precio del producto c para el productor   |
| $PVA_{a,t}$      | precio del valor agregado de la actividad a   |
| $QA_{a,t}$       | producción de la actividad a  |
| $QD_{c,t}$       | cantidad del producto c de producción nacional vendida internamente   |
| $QE_{c,t}$       | cantidad de exportaciones del producto c (en C)   |
| $QF_{f,a,t}$     | demanda de factor f de la actividad a   |
| $QFINS_{i,f,t}$  | dotación de factor f de la institución i (en INSD)  |
| $QFS_{f,t}$      | oferta de factor f a actividades incluidas en el PIB  |
| $QFSGDP_{i,f,t}$ | oferta de factor f de la institución i a actividades incluidas en el PIB  |

|                   |   |
|-------------------|---|
| $QFSNGDP_{i,f,t}$ | oferta de factor f de la institución i (en H) a actividades excluidas del PIB                             |
| $QG_{c,t}$        | cantidad de consumo público del producto c  |
| $QGSCAL_t$        | factor de escala para consumo del gobierno  |
| $QH_{c,h,t}$      | consumo de producto c del hogar h   |
| $QINT_{c,a,t}$    | consumo intermedio de producto c de la actividad a  |
| $QINV_{c,t}$      | cantidad demandada de producto c para inversión (inversión por origen)                                    |
| $QINVSCAL_t$      | factor de escala para inversión   |
| $QM_{c,t}$        | cantidad de importaciones del producto c (en C)   |
| $QQ_{c,t}$        | cantidad de producto c nacional e importado que se demanda (y ofrece)                                     |
| $QT_{c,t}$        | cantidad demandada de producto c para provisión de servicios de comercialización y transporte             |
| $QX_{c,t}$        | producción nacional de producto c (en C)  |
| $RGDPMP_t$        | PIB real a precios de comprador (a precios constantes del año base)                                       |
| $SAVF_t$          | ahorro del resto del mundo (moneda del RdM)   |
| $SAVG_t$          | ahorro del gobierno   |
| $SAV_{i,t}$       | ahorro de la institución nacional privada i (en INSDNG)   |
| $SHIF_{i,f,t}$    | participación de la institución i (en INSD) en el ingreso del factor f de actividades incluidas en el PIB |
| $SUBCT_t$         | gasto del gobierno en subsidios al consumo de productos   |
| $TFA_{f,a,t}$     | tasa del impuesto al uso del factor f en la actividad a   |
| $TFASCAL_t$       | factor de escala para la tasa del impuesto al uso del factor f en la actividad a                          |
| $TFP_{a,t}$       | productividad total de los factores en la actividad a   |
| $TFPSCAL_t$       | factor de escala para la productividad total de los factores  |
| $TRDGDPT_t$       | ratio entre comercio internacional real (exportaciones más importaciones) y PIB real                      |
| $TRII_{i,i,t}$    | transferencias desde la institución nacional privada i (en INSDNG) hacia la institución i (en INS)        |
| $WALRAS_t$        | variable para comprobar cumplimiento ley de Walras (debe ser igual a cero)                                |
| $WF_{f,t}$        | remuneración promedio del factor f  |
| $WFA_{f,a,t}$     | remuneración del factor f en la actividad a   |
| $WFAVG_{f,t}$     | remuneración promedio ponderado del factor f (en FCAPNG)  |
| $WFDIST_{f,a,t}$  | diferencia respecto del promedio de la remuneración del factor f en la actividad a                        |
| $YFGDP_{f,t}$     | ingreso del factor f de las actividades incluidas en el PIB   |
| $YFNGDP_{i,f,t}$  | ingreso del factor f de las actividades excluidas del PIB que recibe la institución i (en H)              |
| $YG_t$            | ingreso corriente del gobierno  |
| $YI_{i,t}$        | ingreso de la institución nacional privada i (en INSDNG)  |
| $YIF_{i,f,t}$     | ingreso del factor f que recibe la institución i (en INSD)  |
| $YTXDIRI_{i,t}$   | pago de impuesto al ingreso de la institución i (en INSDNG)   |

Notas: esta tabla describe las variables utilizadas en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: elaboración de los autores.

**Tabla 4.1.4: Parámetros escritos con letras latinas en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia**

| Nombre | Descripción |
|--------|-------------|
|--------|-------------|

|                   |  |
|-------------------|--|
| $capcomp_{c,f}$   | cantidad de producto c que se requiere para “producir” una unidad de capital f   |
| $cwts_{c,h}$      | participación del producto c en la canasta de consumo del hogar h  |
| $depr_{f,t}$      | tasa de depreciación del stock de capital f  |
| $drf_t$           | cambio en las reservas internacionales (moneda del RdM)  |
| $dsc_{f,a,t}$     | tasa de discriminación salarial contral el factor (trabajo) f en la actividad a  |
| $dwts_c$          | ponderación del producto c en el índice de precios internos al productor (utiliza PDS)   |
| $ica_{c,a}$       | cantidad de insumo intermedio c que se requiere para producir una unidad de la actividad a   |
| $icd_{c,c'}$      | insumo de c para los servicios de distribución por unidad de producto c' de producción nacional vendido internamente   |
| $ice_{c,c'}$      | insumo de c para los servicios de distribución por unidad de producto c' exportado   |
| $icm_{c,c'}$      | insumo de c para los servicios de distribución por unidad de producto c' importado   |
| $invshr_{f,i,t}$  | participación del capital f en la inversión de la institución i (en INSNG)   |
| $mpsb_{i,t}$      | componente exógeno de la propensión marginal a ahorrar de la institución i (en INSDNG)   |
| $ndfg_t$          | endeudamiento interno neto del gobierno  |
| $nffi_{i,t}$      | endeudamiento externo neto de la institución i (en INSD) (moneda del RdM)  |
| $pop_{ac,t}$      | población de ac que incluye hogares h en H y población en edad de trabajar   |
| $pwe_{c,t}$       | precio mundial de exportación del producto c (moneda del RdM)  |
| $pwm_{c,t}$       | precio mundial de importación del producto c (moneda del RdM)  |
| $qdstk_{c,i,t}$   | variación de existencias del producto c para la institución i (en INSD)  |
| $qfinsb_{i,f,t}$  | dotación de factor f (en FOTH) de la institución i (en INSD)   |
| $qgb_{c,t}$       | componente exógeno del consumo público de producto c   |
| $qg01_{c,t}$      | parámetro 0-1 para seleccionar (si igual 1) qué productos con consumo público pueden reescalarsen.   |
| $qinvb_c$         | componente exógeno de la demanda de producto c para formación bruta de capital fijo  |
| $shii_{i,i'}$     | participación de la institución i (en INS) en el ingreso neto de impuesto al ingreso y transferencias de la institución i' (en INSDNG)   |
| $sub_{c,d,t}$     | tasa del subsidio al consumo del producto c (en C) del demandante d (en D)   |
| $ta_{a,t}$        | tasa del impuesto sobre el valor bruto de producción de la actividad a   |
| $te_{c,t}$        | tasa del impuesto a la exportación del producto c  |
| $tf_{f,t}$        | tasa del impuesto al ingreso del factor f  |
| $tfab_{f,a,t}$    | componente exógeno de la tasa del impuesto al uso del factor f en la actividad a   |
| $tfpb_{a,t}$      | componente exógeno de la PTF de la actividad a   |
| $tm_{c,t}$        | tasa del arancel a las importaciones del producto c  |
| $tq_{c,t}$        | tasa del impuesto selectivo al consumo del producto c  |
| $trnsfr_{ac,i,t}$ | transferencia desde la institución i (gobierno o resto del mundo) hacia ac que incluye instituciones en INS y factores en F (moneda del resto del mundo si la transferencia la realiza el resto del mundo) |
| $tva_{c,d,t}$     | tasa del impuesto al valor agregado para el producto c (en C) para el demandante d (en D)  |
| $ty_{i,t}$        | tasa del impuesto al ingreso de la institución nacional privada i (en INSDNG)  |
| $wfb_f$           | componente exógeno de la remuneración al factor f específico   |

|                   |   |
|-------------------|---|
| $wf dist b_{f,a}$ | componente exógeno de la remuneración al factor f móvil |
|-------------------|---|

Notas: esta tabla describe los parámetros escritos con letras latinas que son utilizados en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: elaboración de los autores.

**Tabla 4.1.5: Parámetros escritos con letras griegas en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia**

| Nombre               | Descripción  |
|----------------------|--|
| $\alpha_{i,t}^{sav}$ | ordenada al origen de la función de ahorro de la institución i (en INSDNG)   |
| $\beta_{c,h}$        | parámetro de distribución del producto c en sistema de gasto lineal para el consumo del hogar h  |
| $\gamma_{c,h}^{min}$ | consumo mínimo de producto c en sistema de gasto línea del hogar h   |
| $\delta_c^{dd}$      | parámetro de distribución producto c nacional en función Armington del producto c  |
| $\delta_c^{ds}$      | parámetro de distribución producto c nacional en función CET del producto c  |
| $\delta_c^e$         | parámetro de distribución exportaciones producto c en función CET  |
| $\delta_c^m$         | parámetro de distribución importaciones producto c en función Armington  |
| $\delta_{c,h}^{qh}$  | parámetro de distribución en consumo de producto c del hogar h (nivel inferior función de utilidad)  |
| $\delta_{f,a}^{va}$  | parámetro de distribución del factor f en la función de producción de valor agregado de la actividad a   |
| $\delta_{f,a}^2$     | parámetro de distribución del factor f en el nivel inferior (nivel 2) de la función de producción de valor agregado  |
| $\eta_{a,f}^{tfp}$   | elasticidad de la PTF de la actividad a con respecto al stock de capital público f   |
| $\theta_{a,c}$       | producción de producto c por unidad de producida de la actividad a   |
| $\kappa_f$           | sensibilidad de la asignación de nuevo capital f (en FCAPNG) entre actividades (en A) a desviaciones de la rentabilidad sectorial del capital respecto de la rentabilidad promedio del capital |
| $\rho_c^q$           | exponente en función Armington para el producto c  |
| $\rho_{c,h}^{qh}$    | exponente en función consumo del producto c para el hogar h (nivel inferior función de utilidad)   |
| $\rho_a^{va}$        | exponente función de producción de valor agregado para la actividad a  |
| $\rho_c^x$           | exponente función CET para producto c  |
| $\rho_{f,a}^2$       | exponente nivel inferior función de producción de valor agregado para factor f en actividad a  |
| $\sigma_c^q$         | elasticidad de sustitución entre productos nacionales e importados en función Armington para producto c  |
| $\sigma_{c,h}^{qh}$  | elasticidad de sustitución entre productos del nivel inferior de la función de utilidad para el producto c del hogar h   |
| $\sigma_a^{va}$      | elasticidad de sustitución entre factores de producción en la función de producción de valor agregado  |
| $\sigma_c^x$         | elasticidad de transformación en función CET entre exportaciones y ventas en el mercado doméstico para el producto c   |
| $\sigma_{f,a}^2$     | elasticidad de sustitución entre factores de producción en el nivel inferior de la función de producción de valor agregado   |
| $\varphi_c^q$        | parámetro de escala en función Armington para el producto c (en C)   |

|                      |  |
|----------------------|--|
| $\varphi_{c,h}^{qh}$ | parámetro de escala en función CES para el nivel inferior de la función de utilidad                                    |
| $\varphi_a^{va}$     | parámetro de escala en función de producción de valor agregado de la actividad a                                       |
| $\varphi_c^x$        | parámetro de escala en función CET para el producto c  |
| $\varphi_{f,a}^2$    | parámetro de escala en nivel inferior de la función de producción de valor agregado para el factor f en la actividad a |

Notas: esta tabla describe los parámetros escritos con letras griegas que son utilizados en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: elaboración de los autores.

## 4.2. Ecuaciones

Las ecuaciones se dividen en cuatro bloques:

- 1) producción y factores;
- 2) comercio interno y externo;
- 3) pagos corrientes de las instituciones nacionales; e
- 4) inversión, condiciones de equilibrio y numerario.

En cada subsección de esta sección se cubre un bloque y sus ecuaciones se presentan en una tabla. En las simulaciones con GEM-Care, puede elegirse entre varios supuestos alternativos para (i) pagos entre el gobierno, el sector privado y el resto del mundo; y (ii) los mecanismos que se emplean para equilibrar los balances macroeconómicos (o reglas de cierre), los mercados de factores y los mercados de exportación e importación. En esta presentación, se realizan los siguientes supuestos que son relativamente simples:

- **Presupuesto del gobierno:** El presupuesto del gobierno se equilibra mediante modificaciones a la inversión pública al mismo tiempo que otros gastos, y los ingresos del gobierno siguen trayectorias exógenas (i.e., tasas tributarias, consumo del gobierno y endeudamiento interno y externo).
- **Ahorro-Inversión:** El nivel de inversión privada financiada internamente depende del nivel de financiamiento del sector privado. Así pues, las propensiones marginales a ahorrar de hogares y empresas se suponen constantes. La inversión del gobierno se financia dentro de su propio presupuesto.
- **Balanza de pagos:** La balanza de pagos se equilibra mediante modificaciones endógenas del tipo de cambio real que impactan sobre los volúmenes exportados e importados. Los demás elementos de la balanza de pagos son exógenos o se determinan en otras partes del modelo.
- **Mercados de capital privado:** El factor capital es específico de cada actividad productiva (i.e., es inmóvil entre sectores). En consecuencia, las rentas del capital de cada actividad igualan oferta y demanda.
- **Mercados de otros factores:** Los demás factores pueden ser móviles entre las actividades que los emplean. Sin embargo, para las actividades que realizan los hogares para autoconsumo, el trabajo que emplean solo puede provenir de los propios hogares que consumen su producción.
- **Mercados de exportación e importación:** En ambos casos, los precios mundiales se suponen exógenos (i.e., supuesto de país pequeño).

### 4.2.1. Producción y Factores

Para comenzar, las ecuaciones de este bloque se presentan en la Tabla 4.2.1. En ellas, se cubre la producción sectorial, las demandas de factores productivos e insumo intermedios, la productividad total de los factores, las remuneraciones factoriales (i.e., salarios y rentas) e ingresos factoriales.

Por facilidad, la primera ecuación P1 define la remuneración factorial específica de cada actividad ( $WFA_{f,a,t}$ ) que incluye, opcionalmente, un término ( $dsc_{f,a,t}$ ) que hace referencia a la tasa de discriminación – como veremos, este elemento recibe un tratamiento diferente al de los otros elementos de esta ecuación.

Ahora bien, la función de producción de cada actividad tiene una estructura de tres niveles. En el nivel superior, la producción ( $QA_{a,t}$ ) se modela como una función de elasticidad de sustitución constante (CES) del empleo factorial pero que considera el uso de insumos intermedios mediante el término de escala ( $\varphi_a^{va}$ ) (ver ecuación P2).<sup>18</sup> Las demandas de factores productivos ( $QF_{f,a,t}$ ) son función de los parámetros tecnológicos de la función de producción, las remuneraciones factoriales y el precio del valor agregado (i.e., el pago a los factores por unidad producida). Por su parte, la ecuación P3 se obtiene bajo el supuesto de que los productores maximizan beneficios tomando como dados los precios de bienes y servicios y las remuneraciones factoriales.

Los factores incluidos en el nivel superior de la función de producción (i.e., en el subíndice F1) pueden ser combinaciones de otros factores. Más precisamente, se utiliza una función CES para modelar factores en F1 (en el subíndice  $FNSAM$ ; i.e., factores que no aparecen en la MCS) como una combinación de factores más desagregados incluidos en el subíndice F2; por tanto, cada elemento en F2 puede vincularse con un único elemento de F1 a través de los vínculos que se establecen mediante el mapeo  $MF2F1(F2, F1)$ .

La ecuación P4 muestra la función que combina (o agrega) factores mientras que la ecuación P5 muestra las funciones de demanda – que se obtienen de la minimización de costos – para los factores más desagregados incluidos en F2. Por ejemplo, en una aplicación del modelo con enfoque de género, F1 puede incluir el factor “trabajo” mientras que F2 puede incluir los factores “trabajo masculino” y “trabajo femenino”. En caso de identificar dimensiones adicionales para desagregar el factor trabajo (e.g., nivel educativo), la estructura de la función de producción tiene niveles adicionales.

En la ecuación P6, la Productividad Total de los Factores (PTF) de cada actividad es función de los siguientes elementos: (i) un parámetro de tendencia exógeno, (ii) un parámetro de escala que típicamente es endógeno para el escenario base (o de referencia) pero exógeno en los demás escenarios, (iii) los cocientes entre stocks de capital del gobierno del período actual ( $t$ ) y del año base (o primer período; indicado con 00), y (iv) la apertura comercial calculada como el cociente entre (a) la suma de exportaciones e importaciones en términos reales y (b) el PIB también en términos reales (ver definición en Tabla 4.2.2). En esta ecuación, los efectos de los stocks de capital del gobierno y la apertura comercial se capturan mediante una función con elasticidad constante.

Las demandas intermedias ( $QINT_{c,a,t}$ ) siguen una función Leontief de coeficientes fijos con respecto a los niveles de producción de las actividades (ver ecuación P7). La producción de los distintos productos ( $QX_{c,t}$ ) se obtiene a partir de coeficientes de rendimiento ( $\theta_{a,c}$ ) que se multiplican por los niveles de producción de las actividades. Es decir, la producción de cada producto también es función de los niveles de producción de las actividades. La producción total de cada producto se obtiene sumando a través de todas las actividades que lo producen (ver ecuación P8). Así, dependiendo de los coeficientes de rendimiento, un mismo producto puede ser producido por más de una actividad y una misma actividad puede producir más de un producto.

---

<sup>18</sup> Las funciones CES tienen la particularidad de comportarse bien para cualquier conjunto de precios. Además, pueden combinarse (o anidarse) para aproximar formas funcionales más complejas.

El precio del valor agregado ( $PVA_{a,t}$ ), que aparece previamente en las demandas de factores (ver ecuación P2), se define como el precio (o el ingreso) por unidad producida de las actividades ( $PA_{a,t}$ ) neto de los impuestos a la producción y del costo de los insumos intermedios por unidad producida (ver ecuación P9). Para cada actividad, su precio  $PA_{a,t}$  se obtiene como un promedio ponderado del precio de los productos que produce (ver ecuación P10). Los ponderadores corresponden a los coeficientes de rendimiento que también aparecen en la ecuación (ver ecuación P8).

El modelado de los mercados factoriales permite realizar supuestos alternativos respecto a la determinación de los salarios y la movilidad entre actividades, incluyendo las actividades que no están incluidas en el PIB. En esta presentación, se supone que (i) el capital privado está plenamente ocupado y es específico de cada sector productivo (Sin embargo, como veremos más adelante, el nuevo capital que resulta de la inversión se asigna endógenamente entre actividades.), y (ii) los demás factores como trabajo y recursos naturales son móviles entre sectores. Además, GEM-Care permite configuraciones alternativas.

La Tabla 4.2.1. muestra el tratamiento de GEM-Care para todos los factores productivos excepto el capital privado. El tratamiento del capital privado se describe en la Tabla 4.2.4 debido a su estrecho vínculo con la inversión.<sup>19</sup> Por tanto, todos los factores aquí considerados se suponen móviles entre sectores productivos. Luego, el término que permite suponer que las remuneraciones factoriales varían entre sectores productivos ( $WFDIST_{f,a,t}$ ) es exógeno (ver ecuación P10). En consecuencia, el modelo permite capturar las brechas salariales entre trabajadores con características similares pero empleados en actividades deferentes. En la mayoría de los países, esas brechas salariales persisten en el tiempo; por ejemplo, los salarios son usualmente más bajos en la agricultura que en otros sectores productivos.

Las demás ecuaciones de la Tabla 4.2.1 definen remuneraciones factoriales (i.e., salarios y rentas), empleo e ingresos factoriales distinguiendo entre aquellos provenientes de actividades incluidas dentro del PIB y actividades excluidas del PIB. En el caso de las actividades excluidas del PIB, cabe mencionar que se trata de valorizar el tiempo utilizado en su realización. En la práctica, no se realizan pagos a los factores (particularmente trabajo) utilizados para la producción de estas actividades. La ecuación P12 define el tiempo que el factor trabajo de cada hogar representativo (uno o más dependiendo de la base de datos) se utiliza para la producción de actividades excluidas del PIB. Para ello, en el modelo, se utiliza el mapeo  $MHANGDP(H, A)$  para vincular la producción de servicios de los hogares con el hogar correspondiente. A modo de ejemplo, cada hogar representativo  $h$  puede estar vinculado a actividades de ocio masculino y femenino como también a actividades que producen servicios excluidos del PIB, tales como cuidado de niños y adultos mayores; la ecuación P12 define el tiempo que hombres y mujeres de cada hogar representativo dedican a dichas actividades.

La ecuación P13 calcula, para cada hogar representativo, el tiempo que se destina a actividades incluidas en el PIB de forma residual. Es decir, como la cantidad total de tiempo neta del tiempo que se destina a actividades excluidas del PIB incluido el ocio. Así, para los factores que no se utilizan en la producción de actividades excluidas en el PIB (típicamente, todos los factores excepto el trabajo), la ecuación P13 simplemente establece que toda su oferta se destina a actividades incluidas en el PIB.

La ecuación P14 define la oferta de factores destinada a actividades incluidas en el PIB a partir de sumar a través de las dotaciones factoriales de instituciones como los hogares. La ecuación P15 establece la condición de la igualdad entre la oferta y demanda de factores para las actividades

---

<sup>19</sup> Para simplificar, esta presentación de GEM-Care excluye las ecuaciones que permiten considerar el desempleo o la capacidad ociosa de los factores. En este sentido, cabe destacar que modelar el desempleo no es menos relevante cuando se consideran el uso de todo el tiempo discrecional para el trabajo.

incluidas en el PIB. El componente  $WF_{f,t}$  de la remuneración factorial se determina endógenamente para cumplir dicha condición manteniendo las diferencias relativas que impone la ecuación P11.

Las ecuaciones P16 y P17 definen los ingresos factoriales obtenidos de actividades incluidas ( $YFGDP_{f,t}$ ) y excluidas ( $YFNGDP_{hf,t}$ ) del PIB, respectivamente. Como veremos, estas variables aparecen también en el bloque de ecuaciones que define los ingresos de las instituciones. Los ingresos factoriales incluidos en el PIB incluyen también transferencias desde el resto del mundo y, potencialmente, un término para capturar los ingresos adicionales que resultan de suponer que existe discriminación en la determinación de las remuneraciones factoriales (ver ecuaciones P1 y P2). En particular, el ingreso factorial asociado a la discriminación se transfiere desde el factor que sufre la discriminación ( $f'$ ) hacia otro factor ( $f$ ) de acuerdo con el mapeo  $MFDSC(F, F)$ . Así pues, GEM-Care permite modelar (parte de) el diferencial salarial entre hombres y mujeres como la consecuencia de un comportamiento discriminatorio de las firmas en su decisión de demanda laboral.

**Tabla 4.2.1: Ecuaciones para producción y factores empleadas en el modelo EGC GEM-Care Colombia**

|     |   |   |
|-----|---|---|
| P1  | $WFA_{f,a,t} = WF_{f,t} \cdot WFDIST_{f,a,t}(1 + dsc_{f,a,t})(1 + TFA_{f,a,t})$   | $f \in F$<br>$a \in A$<br>$t \in T$   |
| P2  | $QA_{a,t} = TFP_{a,t} \cdot \varphi_a^{va} \left( \sum_{f \in F} \delta_{f,a}^{va} \cdot QF_{f,a,t}^{-\rho_a^{va}} \right)^{\frac{-1}{\rho_a^{va}}}$  | $a \in A$<br>$t \in T$  |
| P3  | $QF_{f,a,t} = \left( \frac{PVA_{a,t}}{WFA_{f,a,t}} \right)^{\sigma_a^{va}} (\delta_{f,a}^{va})^{\sigma_a^{va}} (TFP_{a,t} \cdot \varphi_a^{va})^{\sigma_a^{va}-1} QA_{a,t}$   | $f \in F1$<br>$a \in A$<br>$t \in T$  |
| P4  | $QF_{f,a,t} = \varphi_{f,a}^2 \left( \sum_{f' \in F2   (f', f) \in MF2F1} \delta_{f',a}^2 \cdot QF_{f',a,t}^{-\rho_{f,a}^2} \right)^{\frac{-1}{\rho_{f,a}^2}}$  | $f \in F1$<br>( $\subset FNSAM$ )<br>$a \in A$<br>$t \in T$                       |
| P5  | $QF_{f,a,t} = \left( \frac{WFA_{f',a,t}}{WFA_{f,h,t}} \right)^{\sigma_{f',a}^2} (\delta_{f,a}^2)^{\sigma_{f',a}^2} (\varphi_{f',a}^2)^{\sigma_{f',a}^2-1} QF_{f',a,t}$  | $f \in F2$<br>$f' \in F1$<br>( $f, f'$ )<br>$\in MF2F1$<br>$a \in A$<br>$t \in T$ |
| P6  | $TFP_{a,t} = tfpb_{a,t} \cdot \overline{TFPSCAL}_t \cdot \prod_{f \in FCAPG} \left( \frac{QFINS_{gov,f,t}}{QFINS_{gov,f}^{00}} \right)^{\eta_{a,f}^{tfp}} \cdot \left( \frac{TRDGDP_t}{TRDGDP^{00}} \right)^{\eta_{a,trdgp}^{tfp}}$ | $a \in A, t \in T$  |
| P7  | $QINT_{c,a,t} = ica_{c,a} \cdot QA_{a,t}$   | $c \in C, a \in A$<br>$t \in T$   |
| P8  | $QX_{c,t} = \sum_{a \in A} \theta_{a,c} \cdot QA_{a,t}$   | $c \in C, t \in T$  |
| P9  | $PVA_{a,t} = PA_{a,t}(1 - ta_{a,t}) - \sum_{c \in C} PQD_{c,a,t} \cdot ica_{c,a}$   | $a \in A, t \in T$  |
| P10 | $PA_{a,t} = \sum_{c \in C} \theta_{a,c} \cdot PX_{c,t}$   | $a \in A, t \in T$  |



|         |  |  |
|---------|--|--|
| P1<br>1 | $WFDIST_{f,a,t} = wfdistb_{f,a}$   | $f \in FVA$<br>$f \notin FCAPNG$               |
| P1<br>2 | $QFSNGDP_{h,f,t} = \sum_{a \in ANGDP   MHANGDP(h,a)} QF_{f,a,t}$   | $h \in H$<br>$f \in FLAB$<br>$t \in T$         |
| P1<br>3 | $QFSGDP_{i,f,t} = QFINS_{i,f,t} - QFSNGDP_{i,f,t}   i \in H, f \in FLAB$   | $i \in INSD$<br>$f \in FSAM$<br>$t \in T$      |
| P1<br>4 | $QFS_{f,t} = \sum_{i \in INSD} QFSGDP_{i,f,t}$   | $f \in FSAM$<br>$t \in T$                      |
| P1<br>5 | $QFS_{f,t} = \sum_{a \in AGDP} QF_{f,a,t}$   | $f$<br>$\in FSAM$<br>$\cup FNCAP$<br>$t \in T$ |
| P1<br>6 | $YFGDP_{f,t} = \sum_{a \in AGDP} WF_{f,t} \cdot WFDIST_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t} + TRNSFR_{f,row,t} \cdot EXR_t$<br>$+ \sum_{\substack{f' \in FSAM \\  (f,f') \in MFDSC}} \sum_{a \in AGDP} dsc_{f',a,t} \cdot WF_{f',t} \cdot WFDIST_{f',a,t} \cdot QF_{f',a,t}$ | $f \in FSAM$<br>$t \in T$                      |
| P1<br>7 | $YFNGDP_{h,f,t} = \sum_{\substack{a \in ANGDP \\  (a,h) \in MHANGDP}} WF_{f,t} \cdot WFDIST_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t}$  | $h \in H$<br>$f \in FLAB$<br>$t \in T$         |

Notas: esta tabla describe las ecuaciones para la producción y los factores que son utilizados en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: elaboración de los autores.

#### 4.2.2. Comercio Interno y Externo

En esta subsección presentamos la Tabla 4.2.2 que cubre la distribución de la demanda entre compras nacionales e importaciones y la distribución de la oferta entre ventas nacionales y exportaciones. Para comenzar, la ecuación T1 define el precio de exportación ( $PE_{c,t}$ ) que reciben los productores como el precio mundial de exportación expresado en moneda local (i.e., multiplicando por el tipo de cambio nominal) y ajustado por impuestos a la exportación y márgenes de comercio y transporte por unidad de exportaciones. El costo unitario de los márgenes de distribución se define como el producto entre un coeficiente de insumo (de servicios de comercio y transporte) por unidad exportada ( $ice_{c,c}$ ) y el precio del insumo, sumado a través de todos los insumos. En este caso, los márgenes de distribución se restan para llegar al precio de exportación que recibe el productor (ver ecuación T1).

De forma similar, la ecuación T2 define el precio interno de las importaciones ( $PM_{c,t}$ ) a partir del precio internacional de las importaciones, el tipo de cambio nominal, los aranceles a las importaciones y los márgenes de distribución. En este caso, los márgenes de comercialización y transporte se suman para llegar al precio interno de las importaciones. En las ecuaciones T1 y T2 se supone que la economía modelada es abierta y pequeña. Es decir, toma como exógenos los precios mundiales de sus exportaciones e importaciones ( $pwe_{c,t}$  y  $pwm_{c,t}$ ).

La ecuación T3 vincula los precios de demanda y oferta de la producción nacional que se destina al mercado interno ( $PDD_{c,t}$  y  $PDS_{c,t}$ , respectivamente). El precio de demanda se define como el precio de oferta más los márgenes de distribución por unidad de producto nacional que se destina al mercado interno. Como veremos, cualquiera de estos precios puede considerarse como el precio que equilibra oferta y demanda de productos (ver ecuación S3).

La demanda total de cada producto ( $QQ_{c,t}$ ) sigue también una función CES que combina importaciones y productos nacionales (ver ecuación T4). En consecuencia, se supone que importaciones y productos nacionales son sustitutos imperfectos. En la literatura, la diferenciación de productos según el país de origen se conoce como supuesto de Armington (ver Armington 1969). Por su parte, la ecuación T5 se utiliza para los productos que, a diferencia de los incluidos en la ecuación T4, no registran importaciones y compras nacionales de forma simultánea.

La combinación nacional/importado para los productos con ambos orígenes se determina mediante la minimización del costo de una canasta que combina importaciones y productos nacionales. En ese problema de optimización, tanto la función Armington como los precios de las importaciones y los productos nacionales se suponen exógenos. Las condiciones de primer orden (CPO) corresponden a la propia función Armington (ver ecuación T4) y una ecuación que define el ratio de demanda óptimo ( $QM_{c,t}/QD_{c,t}$ ) como una función del ratio de los precios de los productos nacionales e importados ( $PDD_{c,t}/PM_{c,t}$ ) (ver ecuación T6). El precio de la canasta de consumo  $PQS_{c,t}$  se define en la ecuación T7; cabe hacer notar que las demás variables que allí aparecen se determinan en otras partes del modelo.

La ecuación T8 define el precio de demanda de la canasta de consumo que combina productos nacionales e importados. El precio de demanda  $PQD_{c,d,t}$  incorpora impuestos selectivos al consumo, impuesto al valor agregado y subsidios selectivos al consumo. Usualmente, la tasa del impuesto al valor agregado y la tasa de los subsidios selectivos al consumo varían entre demandantes (e.g., entre actividades y hogares). Por lo tanto, el precio de demanda puede variar entre demandantes incluidos en el subíndice.

Por el lado de la producción, se utiliza una función con elasticidad de transformación constante (CET) para determinar el destino de la producción nacional ( $QX_{c,t}$ ) que definimos en el apartado anterior.<sup>20</sup> En particular, la producción nacional puede destinarse al mercado interno o exportarse al resto del mundo ( $QE_{c,t}$  y  $QD_{c,t}$ , respectivamente) (ver ecuación T9). La ecuación T10 define la función que se utiliza para los productos que se destinan a uno solo de esos mercados (i.e., solo se exporta o solo se destina al mercado interno).

Los productores determinan cuánto de la producción se destina a cada mercado mediante una maximización de ingresos que toma como exógenos los precios en ambos mercados y la tecnología de transformación CET (Elasticidad de Transformación Constante). Las CPO corresponden a la función CET (ver ecuación T9) y una ecuación que define el ratio óptimo  $QE_{c,t}/QD_{c,t}$  como función del ratio entre precios de las exportaciones y las ventas al mercado interno ( $PE_{c,t}/PDS_{c,t}$ ) (T11). El precio del productor ( $PX_{c,t}$ ) se define como un promedio ponderado de los precios que se reciben en ambos mercados (ver ecuación T12). Además, en la Sección 4.2.1,  $PX_{c,t}$  determina, a través de  $PA_{a,t}$  y  $PVA_{a,t}$ , las decisiones de producción y los ingresos de las actividades.

Finalmente, la demanda de servicios de comercio y transporte es función de los volúmenes de comercio interno y externo (ver ecuación T13). Las últimas dos ecuaciones de este bloque definen el ratio entre comercio real (i.e., la suma de exportaciones e importaciones) y PIB real (ver ecuación T14) y el PIB real (ver ecuación T15) que aparece en el denominador de la ecuación T14.

**Tabla 4.2.2: Ecuaciones para comercio interno y externo utilizadas en el modelo EGC GEM-Care Colombia**

|    |  |                         |
|----|--|-------------------------|
| T1 | $PE_{c,t} = (1 - te_{c,t})EXR_t \cdot pwe_{c,t}$ | $c \in CE$<br>$t \in T$ |
|----|--|-------------------------|

<sup>20</sup> Las funciones CET y el supuesto de Armington permite modelar de forma relativamente sencilla el comercio en dos direcciones (i.e., el mismo producto se importa y exporta de forma simultánea).

|     |  |  |
|-----|--|--|
|     | $- \sum_{c' \in CT} \sum_{tace \in TACE} PQD_{c',tace,t} ice_{c',c}$   |  |
| T2  | $PM_{c,t} = (1 + tm_{c,t}) EXR_t \cdot pwm_{c,t}$<br>$+ \sum_{c' \in CT} \sum_{tacm \in TACM} PQD_{c,tacm,t} \cdot icm_{c',c}$   | $c \in CM$<br>$t \in T$  |
| T3  | $PDD_{c,t}$<br>$= PDS_{c,t} + \sum_{c' \in CT} \sum_{tacd \in TACD} PQD_{c,tacd,t} icd_{c',c}$   | $c \in C$<br>$t \in T$   |
| T4  | $QQ_{c,t} = \varphi_c^q \left( \delta_c^m \cdot QM_{c,t}^{-\rho_c^q} + \delta_c^{dd} \cdot QD_{c,t}^{-\rho_c^q} \right)^{-\frac{1}{\rho_c^q}}$   | $c \in CM \cap CD$<br>$t \in T$  |
| T5  | $QQ_{c,t} = QM_{c,t} + QD_{c,t}$   | $(c \in CM \cap c \notin CD)$<br>$\cup$<br>$(c \in CD \cap c \notin CM),$<br>$t \in T$ |
| T6  | $\frac{QM_{c,t}}{QD_{c,t}} = \left( \frac{PDD_{c,t} \delta_c^m}{PM_{c,t} \delta_c^{dd}} \right)^{\frac{1}{1+\rho_c^q}}$  | $c \in CM \cap CD$<br>$t \in T$  |
| T7  | $PQS_{c,t} \cdot QQ_{c,t}$<br>$= (PDD_{c,t} \cdot QD_{c,t} + PM_{c,t} \cdot QM_{c,t})$   | $c \in C$<br>$t \in T$   |
| T8  | $PQD_{c,d,t} = PQS_{c,t} (1 + tq_{c,t}) (1 - sub_{c,d,t}) (1 + tva_{c,d,t})$   | $c \in C, d \in D$<br>$t \in T$  |
| T9  | $QX_{c,t} = \varphi_c^x \left( \delta_c^e \cdot QE_{c,t}^{\rho_c^x} + \delta_c^{ds} \cdot QD_{c,t}^{\rho_c^x} \right)^{\frac{1}{\rho_c^x}}$  | $c \in CE \cap CD$<br>$t \in T$  |
| T10 | $QX_{c,t} = QE_{c,t} + QD_{c,t}$   | $(c \in CE \cap c \notin CD)$<br>$\cup$<br>$(c \in CD \cap c \notin CE),$<br>$t \in T$ |
| T11 | $\frac{QE_{c,t}}{QD_{c,t}} = \left( \frac{PE_{c,t} \delta_c^{ds}}{PDS_{c,t} \delta_c^e} \right)^{\frac{1}{\rho_c^x - 1}}$  | $c \in CE \cap CD$<br>$t \in T$  |
| T12 | $PX_{c,t} \cdot QX_{c,t} = PDS_{c,t} \cdot QD_{c,t} + PE_{c,t} \cdot QE_{c,t}$   | $c \in C$<br>$t \in T$   |
| T13 | $QT_{c,t} = \sum_{c' \in C} (icm_{c,c'} \cdot QM_{c',t} + ice_{c,c'} \cdot QE_{c',t} + icd_{c,c'} \cdot QD_{c',t})$  | $c \in CT$<br>$t \in T$  |
| T14 | $TRDGD P_t = \frac{\sum_{c \in C} EXR^{00} \cdot pwe_c^{00} \cdot QE_{c,t} + \sum_{c \in C} EXR^{00} \cdot pwm_c^{00} \cdot QM_{c,t}}{RGDPMP_t}$   | $t \in T$  |
| T15 | $RGDPMP_t = \sum_{\substack{c \in C \\ h \in H}} PQD_{c,h}^{00} \cdot QH_{c,h,t}$<br>$+ \sum_{\substack{c \in C \\ f \in FCAP}} PQD_{c,f}^{00} \cdot capcomp_{f,c} \cdot \sum_{i \in INS} DKINS_{i,f,t}$<br>$+ \sum_{c \in C} PQD_{c,dstk}^{00} \cdot \sum_{i \in INS} qdstk_{c,i,t}$<br>$+ \sum_{c \in C} PQD_{c,gov}^{00} \cdot QG_{c,t}$<br>$+ \sum_{c \in C} EXR^{00} \cdot pwe_c^{00} \cdot QE_{c,t} - \sum_{c \in C} EXR^{00} \cdot pwm_c^{00} \cdot QM_{c,t}$ | $t \in T$  |

### 4.2.3. Pagos Corrientes de las Instituciones Nacionales

En este bloque de ecuaciones se modelan ingresos y gastos corrientes de los hogares, las empresas y el gobierno. GEM-Care requiere que la base de datos que se emplea para calibrarlo identifique al menos un hogar representativo y al gobierno<sup>21</sup>. En la práctica, difícilmente no se cumplen estos requisitos. Asimismo, el modelo puede considerar uno o más hogares representativos. Sin embargo, para simplificar, esta presentación matemática supone que existe un único hogar representativo. De igual forma, en esta presentación excluimos las ecuaciones que se requieren para modelar múltiples hogares representativos en un contexto de cambio demográfico. Los subíndices para las instituciones distinguen entre *INSD* (todas las instituciones excepto el resto del mundo), *INSDNG* (hogares y empresas) y *H* (hogares). Las empresas difieren de los hogares principalmente porque no registran gasto de consumo.

En la ecuación I1, la oferta de factores hacia las actividades incluidas en el PIB determinan las participaciones de hogares, empresas y gobierno (i.e., las instituciones colombianas) en los ingresos factoriales que generan las actividades incluidas en el PIB ( $SHIF_{i,f,t}$ ).<sup>22</sup> Los ingresos factoriales de las instituciones colombianas ( $YIF_{i,f,t}$ ) se definen como la suma de los ingresos factoriales obtenidos de actividades incluidas ( $YFGDP_{f,t}$ ) y excluidas ( $YFNGDP_{i,f,t,i \in H}$ ) en el PIB (ver ecuación I2). En el primer caso, se restan los impuestos al ingreso factorial y las transferencias (exógenas) de ingreso factorial hacia el resto del mundo. El ingreso total de hogares y empresas ( $YI_{i,t}$ ) se define como la suma de los ingresos factoriales, transferencias desde el gobierno (indexadas por el IPC), transferencias desde el resto del mundo (o remesas) y transferencias desde otras instituciones incluidas en *INSDNG* (ver ecuación I3). Además, con el objetivo de modelar las transferencias de cuidado entre sectores institucionales, la ecuación I3 identifica las transferencias de cuidado entre hogares (variable  $TRCARE_{c,h,h',t}$ ) y las transferencias de cuidado desde el gobierno hacia los hogares (variable  $TRCARE_{c,h,gov,t}$ ).<sup>23</sup> Así, mediante este tipo de transferencia podemos modelar (a) el cuidado de niños y/o adultos mayores que realizan miembros de otros hogares (e.g., abuelos que cuidan a sus nietos o hijos que cuidan a sus padres), y (b) las transferencias en especie que el gobierno realiza a los hogares (e.g., provisión gratuita de servicios de cuidado de niños).

El gasto en consumo (i.e., compras de bienes y servicios) y transferencias de hogares y empresas se calculan una vez contemplados los pagos de impuestos al ingreso y al ahorro. En esta presentación, suponemos que las tasas impositivas son exógenas; en cambio, la propensión marginal a ahorrar puede ser endógena o exógena. La propensión marginal a ahorrar ( $MPS_{i,t}$ ) se obtiene como el producto entre un componente exógeno específico de cada institución ( $mps_{i,t}$ ) y una variable ( $MPSSCAL_t$ ) que, en la calibración del modelo, es igual a la unidad (ver ecuación I4). Si  $MPSSCAL_t$  es una variable endógena, las propensiones marginales a ahorrar de hogares y empresas se ajustan endógenamente hasta igualar el ahorro e inversión privada. Si  $MPSSCAL_t$  es una variable exógena (i.e., el supuesto aquí realizado), la inversión privada se ajusta endógenamente hasta igualarse con el ahorro disponible para financiarla (ver Sección 4.2.4).

<sup>21</sup> En cambio, las empresas pueden estar o no presentes en la base de datos que se emplea para calibrar GEM-Care; en este sentido, los ingresos y los gastos que corresponden a las empresas siempre pueden atribuirse a los hogares que son sus dueños.

<sup>22</sup> El empleo y el ingreso de los factores en actividades incluidas y excluidas en el PIB se definen más arriba en la Sección 3.2.1.

<sup>23</sup> Las versiones anteriores de GEM-Care no consideraban estas transferencias de cuidado entre sectores institucionales.

El ahorro de hogares y empresas ( $SAV_{i,t}$ ) es una función lineal de  $MPS_{i,t}$  y del ingreso disponible (i.e., después de impuestos sobre el ingreso) (ver ecuación I5). Así, puede incluirse una ordenada al origen ( $\alpha_{i,t}^{sav}$ ) indexada al numerario del modelo (i.e., el índice de precios al consumo [IPC]). En la práctica, la ordenada al origen es particularmente útil cuando la información que se emplea para calibrar el modelo muestra que uno o más hogares representativos tienen ahorros negativos – i.e., sin una ordenada al origen negativa, se supondría una relación negativa entre ingreso y ahorro porque la propensión marginal a ahorrar se calibraría como negativa.

Por su parte, las transferencias desde las instituciones en *INSDNG* hacia otras instituciones en *INS* ( $TRII'_{i',t}$ ) se determinan como una proporción constante de su ingreso disponible neto del ahorro (ver ecuación I6). El gasto de consumo de los hogares ( $EH_{h,t}$ ) se define como su ingreso disponible neto del ahorro y de las transferencias que realizan a otras instituciones (ver ecuación I7).

Ahora bien, la demanda de consumo de los hogares se modela con una estructura anidada de dos niveles. En el nivel superior, se utiliza un sistema de gasto lineal (LES) que se deriva una función de utilidad Stone-Geary. En el nivel inferior, se utilizan una o más funciones CES para modelar la sustitución entre bienes o servicios incluidos dentro de una misma categoría. Por ejemplo, diferentes tipos de servicios de cuidado de niños (e.g., provisto por el propio hogar, el sector privado o el sector público). La ecuación I8 define las cantidades consumidas en el primer nivel de la función de utilidad ( $QH_{c,h,t}$  definida para los elementos del subíndice  $C1$ ) como una función LES de los siguientes determinantes: población (o individuos) del hogar representativo, precios, y gasto de consumo total ( $EH_{h,t}$ ); estas funciones de demanda se derivan de la maximización de una función de utilidad Stone-Geary.<sup>24</sup> Las ecuaciones I9 y I10 corresponden al segundo nivel de la función de utilidad de los hogares. La ecuación I9 define las cantidades demandadas de productos en el primer nivel de la función de utilidad (i.e., elementos de  $C1$  y  $CNSAM$ ; i.e., que no aparecen en la MCS) como una función CES de las cantidades de productos individuales. Los niveles superior e inferior de la función de utilidad se vinculan a través del mapeo  $MC2C1(C2, C1)$  que vincula dos o más elementos de  $C2$  con un elemento de  $C1$ . La ecuación I10 define las cantidades demandadas de los productos individuales en  $C2$  (i.e., todos aparecen en la MCS); estas funciones de demanda se obtienen de minimizar el costo de la canasta de consumo que se determina en la ecuación I8.

Por su parte, las transferencias de cuidado que los hogares reciben desde otros hogares y/o desde el gobierno se traducen en demanda de bienes y servicios a través de las ecuaciones I11 e I12, respectivamente. En el primer caso, cabe destacar que las transferencias de cuidado se utilizan para “comprar” servicios de cuidado excluidos del PIB que, de hecho, son “producidos” por miembros de otros hogares.

Las demás ecuaciones en este bloque definen los ingresos y gastos corrientes del gobierno. Los ingresos del gobierno ( $YG_t$ ) se definen como la suma de la recaudación tributaria, las transferencias internas y externas, y los ingresos factoriales (ver ecuación I13). En la práctica, qué instrumentos tributarios aparecen en una aplicación de GEM-Care depende de la base de datos que se utilice para la calibración. Para facilitar la presentación, las ecuaciones I14, I15 e I17 definen variables para las recaudaciones de impuestos al ingreso de las instituciones, al valor agregado y al empleo factorial, respectivamente. La ecuación I16 define las tasas del impuesto al empleo factorial como el producto entre un componente exógeno ( $tfab_{f,a,t}$ ) y una variable de escala que puede ser endógena o exógena dependiendo del supuesto que se realice.<sup>25</sup> Las transferencias internas que recibe el

<sup>24</sup> La denominación de sistema de gasto lineal se debe a que el gasto en cada producto (i.e., el producto de un precio y una cantidad) es una función lineal de  $EH_{h,t}$  – esto se aprecia fácilmente si multiplicamos ambos lados de la ecuación I8 por el precio  $PQD_{c,h,t}$ .

<sup>25</sup> Alternativamente, la variable  $TFASCAL_t$  puede ser endógena si, por ejemplo, las tasas tributarias  $TFA_{f,a,t}$  se definen endógenamente para que la recaudación  $YTAXFA_t$  sea una proporción exógena del PIB. En ese caso, sin embargo, deben incluirse variables y ecuaciones adicionales que, en esta presentación, se excluyeron. De hecho, GEM-Care permite el mismo tratamiento para todos los impuestos considerados.

gobierno ( $TRII_{gov,i,t}$ ) se definen más abajo. Las transferencias externas que recibe el gobierno son exógenas cuando se las expresa en moneda del resto del mundo.

El gasto corriente del gobierno ( $EG_t$ ) es la suma del gasto en consumo, transferencias internas, transferencias externas, subsidios y transfrencias en especie (de cuidado) hacia los hogares (ver ecuación I18). Las cantidades de consumo del gobierno ( $QG_{c,t}$ ) se definen mediante un componente exógeno ( $qgb_{c,t}$ ) y una variable de escala ( $QGSCAL_t$ ) que puede variar en el tiempo y aplicarse a uno o más productos (ver ecuación I7). Los cambios de la variable  $QGSCAL_t$  impactan sobre los productos que tienen el valor uno en el parámetro  $qg01_{c,t}$ . Así, los productos con cero en  $qg01_{c,t}$  no son afectados por cambios en la variable  $QGSCAL_t$ . En esta presentación del modelo,  $QGSCAL_t$  es una variable exógena; si fuera endógena, podría utilizarse para equilibrar el presupuesto del gobierno a través de cambios en el consumo público. El gasto en subsidios ( $SUBCT_t$ ) se define en la ecuación I18; las tasas del subsidio reciben un tratamiento similar a las tasas de IVA, en el sentido de que pueden variar por producto, demandante y período.

**Tabla 4.2.3: Ecuaciones para pagos corrientes de las instituciones nacionales utilizadas en el modelo EGC GEM-Care Colombia**

|    |  |  |
|----|--|--|
| 11 | $SHIF_{i,f,t} = \frac{QFSGDP_{i,f,t}}{\sum_{i \in INSD} QFSGDP_{i,f,t}}$   | $i \in INSD$<br>$f$<br>$\in FSAM$<br>$t \in T$   |
| 12 | $YIF_{i,f,t} = YFNGDP_{i,f,t} \cdot I_{i \in H} + SHIF_{i,f,t} (YFGDP_{f,t} (1 - TF_{f,t}) - TRNSFR_{row,f,t} \cdot EXR_t)$  | $i \in INSD$<br>$f$<br>$\in FSAM$<br>$t \in T$   |
| 13 | $YI_{i,t} = \sum_{f \in FVA} YIF_{i,f,t} + trnsfr_{i,gov,t} \cdot \overline{CPI}_t + trnsfr_{i,row,t} \cdot EXR_t + \sum_{i' \in INSDNG} TRII_{i',t} + \sum_{c \in CNGDP} \sum_{h \in H} TRCARE_{c,i,h,t} + \sum_{c \in C} TRCARE_{c,i,gov,t}$ | $i$<br>$\in INSDNC$<br>$t \in T$                 |
| 14 | $MPS_{i,t} = mpsb_{i,t} \cdot \overline{MPSSCAL}_t$  | $i$<br>$\in INSDNC$<br>$t \in T$                 |
| 15 | $SAV_{i,t} = \alpha_{i,t}^{sav} \cdot \overline{CPI}_t + MPS_{i,t} \left( YI_{i,t} - \sum_f YFNGDP_{i,f,t} - Y_{TAXDIRI_{i,t}} \right)$  | $i$<br>$\in INSDNC$<br>$t \in T$                 |
| 16 | $TRII_{i',i,t} = shii_{i',i} \left( YI_{i,t} - \sum_f YFNGDP_{i,f,t} - Y_{TAXDIRI_{i,t}} - SAV_{i,t} \right)$  | $i$<br>$\in INSDNC$<br>$i' \in INS$<br>$t \in T$ |
| 17 | $EH_{h,t} = YI_{h,t} - Y_{TAXDIRI_{h,t}} - SAV_{h,t} - \sum_{i \in INS} TRII_{i,h,t} - \sum_{c \in CNGDP} \sum_{h' \in H} TRCARE_{c,h,h',t}$   | $h \in H$<br>$t \in T$                           |
| 18 | $QH_{c,h,t} = \gamma_{c,h,t} \cdot pop_{h,t} + \frac{\beta_{c,h} (EH_{h,t} - \sum_{c' \in C1} PQD_{c',h,t} \cdot \gamma_{c',h,t} \cdot pop_{h,t})}{PQD_{c,h,t}}$   | $c \in C1$<br>$h \in H$<br>$t \in T$             |

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 19  | $QH_{c,h,t} = \varphi_{c,h}^{qh} \left( \sum_{c' \in C2   MC2C1(c',c)} \delta_{c',h}^{qh} \cdot QH_{c',h,t}^{-\rho_{c,h}^{qh}} \right)^{\frac{-1}{\rho_{c,h}^{qh}}}$   | $c \in CNSAM$<br>$(\subset C1)$<br>$h \in H$<br>$t \in T$                       |
| 110 | $QH_{c,h,t} = \left( \frac{PQD_{c',h,t}}{PQD_{c,h,t}} \right)^{\sigma_{c',h}^{qh}} (\delta_{c,h}^{qh})^{\sigma_{c',h}^{qh}} (\varphi_{c',h}^{qh})^{\sigma_{c',h}^{qh}-1} QH_{c',h,t}$  | $c \in C2$<br>$c' \in C1$<br>$(c, c')$<br>$\in MC2C1$<br>$h \in H$<br>$t \in T$ |
| 111 | $TRCARE_{c,h,h',t} = PQD_{c,h,t} \cdot QH_{c,h,t}$   | $c \in CNGDP$<br>$h \in H$<br>$h' \in H$<br>$t \in T$                           |
| 112 | $TRCARE_{c,h,gov,t} = PQD_{c,h,t} \cdot QH_{c,h,t}$  | $c \in C$<br>$h \in H$<br>$t \in T$   |
| 113 | $YG_t = \sum_{i \in INSDNG} YTAXDIRI_{i,t} + \sum_{f \in F} \overline{TF}_{f,t} \cdot YFGDP_{f,t} + \sum_{c \in C} tq_{c,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot QQ_{c,t}$ $+ YTAXVA_t + YTAXFA_t + \sum_{a \in A} ta_{a,t} \cdot PA_{a,t} \cdot QA_{a,t}$ $+ \sum_{c \in C} te_{c,t} \cdot pwe_{c,t} \cdot QE_{c,t} \cdot EXR_t$ $+ \sum_{c \in C} tm_{c,t} \cdot pwm_{c,t} \cdot QM_{c,t} \cdot EXR_t + trnsfr_{gov,row,t} \cdot EXR_t$ $+ \sum_{i \in INSDNG} TRII_{gov,i,t} + \sum_{f \in F} YIF_{gov,f,t}$ | $t \in T$   |
| 114 | $YTAXDIRI_{i,t} = ty_{i,t} \left( YI_{i,t} - \sum_{f \in FLAB} YFNGDP_{i,f,t} \right)$   | $i \in INSDNC$<br>$t \in T$   |

|     |  |  |
|-----|--|--|
| 115 | $ \begin{aligned} YTAXVA_t = & \sum_{c \in C} \sum_{a \in A} (1 - sub_{c,a,t}) \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot tva_{c,a,t} \cdot QINT_{c,a,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{h \in H} (1 - sub_{c,h,t}) \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot tva_{c,a,t} \cdot QH_{c,h,t} \\ & + \sum_{c \in C} (1 - sub_{c,gov,t}) \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot tva_{c,gov,t} \cdot QG_{c,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{f \in FCAP} ((1 - sub_{c,f,t}) \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \\ & \quad \cdot tva_{c,f,t} \quad \cdot capcomp_{c,f} \sum_{i \in INS} DKINS_{i,f,t}) \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{i \in INS} (1 - sub_{c,dstk,t}) \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot tva_{c,dstk,t} \\ & \quad \cdot qdstk_{c,i,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{c' \in CDIS} (1 - sub_{c,tacm,t}) \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot tva_{c,tacm,t} \\ & \quad \cdot icm_{c,c',r} \cdot QMR_{c',r,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{c' \in CDIS} (1 - sub_{c,tace,t}) \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot tva_{c,tace,t} \\ & \quad \cdot ice_{c,c',r} \cdot QER_{c',r,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{c' \in C} (1 - sub_{c,tacd,t}) \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot tva_{c,tacd,t} \\ & \quad \cdot icd_{c,c'} \cdot QD_{c',r,t} \end{aligned} $ | $t \in T$                              |
| 116 | $TFA_{f,a,t} = tfab_{f,a,t} \cdot \overline{TFASCAL}_t$  | $f \in FSAM$<br>$a \in A$<br>$t \in T$ |
| 117 | $YTAXFA_t = \sum_{f \in FSAM} TFA_{f,a,t} \cdot WF_{f,t} \cdot WFDIST_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t}$  | $t \in T$                              |
| 118 | $ \begin{aligned} EG_t = & \sum_{c \in C} PQD_{c,gov,t} \cdot QG_{c,t} + \sum_{i \in INSDNG} trnsfr_{i,gov,t} \cdot \overline{CPI}_t \\ & + trnsfr_{row,gov,t} \cdot EXR_t + SUBCT_t + \sum_{c \in C} \sum_{h \in H} TRCARE_{c,h,gov,t} \end{aligned} $  | $t \in T$                              |
| 119 | $QG_{c,t} = qgb_{c,t} (1 + qg01_{c,t} \cdot \overline{QGSCAL}_t)$  | $c \in C$<br>$t \in T$                 |
| 120 | $ \begin{aligned} SUBCT_t = & \sum_{c \in C} \sum_{a \in A} sub_{c,a,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot QINT_{c,a,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{h \in H} sub_{c,h,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot QH_{c,h,t} \\ & + \sum_{c \in C} sub_{c,gov,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot QG_{c,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{f \in FCAP} sub_{c,f,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot capcomp_{c,f} \sum_{i \in INS} DKINS_{i,f,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{i \in INS} sub_{c,dstk,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot qdstk_{c,i,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{c' \in CDIS} sub_{c,tacm,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot icm_{c,c',r} \cdot QMR_{c',r,t} \end{aligned} $   | $t \in T$                              |



|  |  |
|--|--|
| $ \begin{aligned} & + \sum_{c \in C} \sum_{c' \in CDIS} sub_{c,tace,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot ice_{c,c',r} \cdot QER_{c',r,t} \\ & + \sum_{c \in C} \sum_{c' \in C} sub_{c,tacd,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot (1 + tq_{c,t}) \cdot icd_{c,c'} \cdot QD_{c',r,t} \end{aligned} $ |  |
|--|--|

Notas: esta tabla describe las ecuaciones para los pagos corrientes de las instituciones nacionales que son utilizados en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: elaboración de los autores.

#### 4.2.4. Inversión, Condiciones de Equilibrio y Numerario

Finalmente, en el bloque de ecuaciones de esta subsección se incluyen condiciones de equilibrio vinculadas con el financiamiento de la inversión, los mercados de capital y de productos nacionales, y la balanza de pagos.<sup>26</sup> Además, en este grupo de ecuaciones se especifica el numerario del modelo.

La mayor parte de las ecuaciones aquí presentadas se refiere a cómo el nuevo capital – que resulta de la formación bruta de capital fijo – se distribuye entre los sectores productivos. La inversión del gobierno ( $INV_G$ ) se iguala con la suma del ahorro del gobierno, el financiamiento interno neto (indexado al IPC) y el financiamiento externo neto (exógeno en moneda del resto del mundo) (ver ecuación S1); cabe aclarar que, se denominan financiamientos netos porque representan la diferencia entre nuevo endeudamiento y pago de intereses – los últimos no aparecen explícitamente en el modelo.<sup>27</sup> Por definición, la suma de los financiamientos interno y externo es igual al déficit primario del gobierno.

La inversión privada ( $INV_t$ ) se determina como la suma del ahorro privado más el financiamiento neto externo al sector privado menos el financiamiento neto interno del gobierno y el cambio en las reservas internacionales (ver ecuación S2). El monto invertido se transforma en nuevos bienes de capital utilizando el precio unitario de una nueva unidad de capital (ver ecuación S3). El precio de una nueva unidad de capital ( $PK_{f,t}$ ) se define como el producto entre el precio del producto  $c$  y una matriz de coeficientes que determina la composición por producto de cada bien de capital  $f$  ( $capcomp_{c,f}$ ). Típicamente, la inversión del gobierno tiene un componente de construcciones más grande que la inversión privada.

Las ecuaciones S4 y S5 determinan la inversión pública y privada por destino, respectivamente. Para el gobierno, el volumen de nuevo capital  $f$  ( $DKINS_{gov,f,t}$ ) se iguala al gasto del gobierno en formación bruta de capital fijo (FBCF) (i.e., la inversión del gobierno menos la variación de existencias) dividido por el precio de una nueva unidad de capital para transformarlo en cantidades, y multiplicado por un parámetro que determina cuánto se invierte en cada bien de capital ( $invshr_{gov,f,t}$ ) (ver ecuación S4). Para el sector privado, la FBCF es la suma de (a) la inversión privada menos la variación de existencias, y (b) la inversión extranjera directa. Nuevamente, el volumen de la FBCF se determina dividiendo por el precio de una nueva unidad de capital ( $PK_{f,t}$ ).<sup>28</sup>

<sup>26</sup> Las condiciones de equilibrio en este bloque de ecuaciones no se aplican a agentes económicos individuales, como es el caso de la restricción presupuestaria que enfrenta cada hogar representativo. En cambio, se trata restricciones que la economía modelada, como un todo, debe respetar; por ejemplo, la igualdad entre oferta y demanda de trabajo. Las Secciones 3.2.1 y 3.2.3 cubrieron los mercados para otros factores y el presupuesto del gobierno, respectivamente.

<sup>27</sup> Sin embargo, los stocks de deuda pueden definirse utilizando información sobre tasas de interés reales y stocks de deuda iniciales.

<sup>28</sup> En general, es preferible identificar un único stock de capital privado con movilidad nula o imperfecta entre sectores productivos. Sin embargo, la opción de múltiples stocks de capital privado puede ser útil si, por ejemplo, interesa modelar la asignación de la IED a sectores productivos particulares (e.g., minería).

La ecuación S6 define la inversión por origen ( $QINV_{c,t}$ ) (i.e., el uso de bienes y servicios para la producción de nuevo capital). Es decir, la demanda final destinada a “producir” el nuevo bien de capital que se determina como el producto entre la matriz de coeficientes, que determina la composición por producto de cada bien de capital, y el volumen de inversión en cada bien de capital (ver ecuación S6). La demanda total de bienes y servicios que se destina a la inversión se determina sumando a través de todas las categorías de capital (i.e., en el subíndice  $FCAP$ ).

Las dotaciones de capital de cada institución ( $QFINS_{i,f,t}$ ) se definen como la suma de (a) el stock del período anterior neto de la depreciación, y (b) la FBCF del período anterior (ver ecuación S7).<sup>29</sup> Las dotaciones de los demás factores evolucionan de forma exógena (ver ecuación S8); estas dotaciones se utilizaron en las Sección 4.2.1 para definir las ofertas factoriales correspondientes, y en la Sección 4.2.3 para definir la participación de cada institución en los ingresos factoriales correspondientes.

La distribución del nuevo capital privado entre sectores productivos depende de las tasas de retorno relativas del capital.<sup>30</sup> La ecuación S9 define la tasa de retorno promedio del capital privado  $f$  ( $WFAVG_{f,t}$ ) como el cociente entre la renta total que recibe y su stock. La ecuación S10 define la asignación del nuevo capital  $f$  a la actividad  $a$  ( $DKA_{f,a,t}$ ) como el producto entre (a) la participación de cada actividad en el stock de capital total, y (b) un término que está por arriba (abajo) de la unidad si la tasa de retorno al capital  $f$  en la actividad  $a$  está por arriba (abajo) de la tasa de retorno promedio al capital  $f$ . El parámetro  $\kappa_f$  – con  $\kappa_f \geq 0$  – tiene un rol importante en esta formulación. En particular, cuanto mayor es el valor de  $\kappa_f$ , mayor es la sensibilidad de la distribución del nuevo capital a diferencias en las tasas de retorno entre actividades; si  $\kappa_f = 0$ , la distribución del capital entre sectores productivos no cambia entre períodos.<sup>31</sup>

Ahora bien, el uso del stock de capital  $f$  en la actividad  $a$  en el período  $t$  ( $QF_{f,a,t}$ ) se define como el stock instalado en el período  $t - 1$  ( $QF_{f,a,t-1}$ ) neto de la depreciación más la cantidad de nuevo stock de capital  $f$  que recibe la actividad  $a$  en  $t - 1$  ( $DKA_{f,a,t}$ ) (ver ecuación S11). La ecuación S11 puede interpretarse como una condición de equilibrio entre oferta y demanda de capital  $f$  para la actividad  $a$ . En este sentido, cabe recordar que GEM-Care supone que, una vez instalado, el capital no puede moverse entre sectores productivos. Así, el lado derecho de S11 es la oferta de capital sectorial que se supone exógena en cada período, mientras que el lado izquierdo es la demanda que surge de la maximización de beneficios descrita en la Sección 4.2.1. La tasa de retorno del stock de capital  $f$  en la actividad  $a$  equilibra este mercado. En consecuencia, la ecuación S12 hace exógeno el componente  $WF_{f,t}$  de la tasa de retorno al capital  $f$  en la actividad  $a$  al tiempo que el componente  $WFDIST_{f,a,t}$  se supone endógeno. En otras palabras, la ecuación S12 permite que la tasa de retorno al capital  $f$  varíe entre actividades.

La ecuación S13 define la demanda total de cada bien y servicio ( $QQ_{c,t}$ ) como la suma de consumo de los hogares, consumo del gobierno, FBCF, variación de existencias, consumo intermedio y, solo para comercio y transporte, márgenes de distribución. En la Sección 4.2.2 vimos que estas demandas se distribuyen entre productos nacionales e importados. Los mercados internos de productos nacionales se equilibran a través de las variables  $PDD_{c,t}$  y  $PDS_{c,t}$ . Por ejemplo, en caso de un exceso de demanda, incrementos en ambos precios harían, de forma simultánea, disminuir la demanda y aumentar la oferta.

<sup>29</sup> GEM-Care supone que los flujos se miden al final de cada período mientras que los stocks se miden al inicio de cada período.

<sup>30</sup> La primera aplicación de este enfoque puede consultarse en Dervis et al. (1982, pp. 175-178).

<sup>31</sup> En la ecuación S10, y por definición,  $\sum_{a \in A} DKA_{f,a,t} = \sum_{i \in INSG} DKINS_{f,i,t}$  para  $f \in FCAPNG$  y  $t \in T$ . La demostración es como sigue:  

$$DKA_a = DK I \cdot \frac{QF_a}{\sum_{a' \in A} QF_{a'}} \cdot \left( 1 + \kappa \left( \frac{WFA_a}{WFAVG} - 1 \right) \right); \quad \sum_{a \in A} DKA_a = DK I \cdot \sum_{a \in A} \left( \frac{QF_a}{\sum_{a' \in A} QF_{a'}} \cdot \left( 1 + \kappa \left( \frac{WFA_a}{WFAVG} - 1 \right) \right) \right);$$

$$\sum_{a \in A} DKA_a = DK I \left( \frac{\sum_{a \in A} QF_a}{\sum_{a' \in A} QF_{a'}} + \kappa \cdot \sum_{a \in A} \left( \frac{WFA_a}{WFAVG} \cdot \frac{QF_a}{\sum_{a' \in A} QF_{a'}} - \frac{\sum_{a \in A} QF_a}{\sum_{a' \in A} QF_{a'}} \right) \right); \quad \sum_{a \in A} DKA_a = DK I \left( 1 + \kappa \left( \frac{WFAVG}{WFAVG} - 1 \right) \right); \quad \sum_{a \in A} DKA_a = DK I,$$
donde, para simplificar, reemplazamos  $\sum_{i \in INSG} DKINS_{f,i,t}$  por  $DK I$  y  $WF_{f,t} \cdot WFDIST_{f,a,t}$  por  $WFA_a$  y omitimos los subíndices  $f$  y  $t$ .

Las ecuaciones S14 y S15 representan la cuenta corriente y la cuenta de capital de la balanza de pagos, respectivamente. El ahorro del resto del mundo ( $SAVF_t$ ) vincula ambas ecuaciones. En la cuenta corriente, los ingresos de divisas corresponden a exportaciones y transferencias desde el exterior y las salidas de divisas corresponden a importaciones y transferencias hacia el exterior. La variable  $SAVF_t$  es igual al déficit de cuenta corriente; si las salidas de divisas (lado izquierdo) son más grandes (chicas) que las entradas de divisas (lado derecho), el ahorro del resto del mundo es positivo (negativo). En la cuenta de capital, el déficit de cuenta corriente se financia mediante el financiamiento neto externo público y privado, la inversión extranjera directa y el cambio en las reservas internacionales. La balanza de pagos se equilibra mediante movimientos del tipo de cambio ( $EXR_t$ ) que hacen que el balance comercial suba o baje hasta que el ahorro externo se iguale con el lado derecho de la cuenta de capital.

La Ley de Walras implica que, en GEM-Care, una de las ecuaciones debe excluirse del modelo para que el número de ecuaciones y variables sea el mismo.<sup>32</sup> Luego, es posible verificar que la ecuación excluida del modelo se sigue cumpliendo. Alternativamente, en lugar de quitar una ecuación del modelo, puede agregarse una variable. Más precisamente, agregamos la variable  $WALRAS_t$  a la ecuación S15. De esa forma, el número de variables y ecuaciones se mantiene igual. En ausencia de errores, el valor de la variable  $WALRAS_t$  debe ser (numéricamente) cero.

Por ultimo, un modelo de EGC como GEM-Care es homogéneo de grado cero en precios. En la práctica, esto implica que solo son relevantes los precios relativos. En consecuencia, para anclar el nivel de precios se elige un numerario. En esta presentación, se elige el IPC como numerario. La ecuación S16 define el IPC como un promedio ponderado del precio de los bienes y servicios que demandan los hogares; los ponderadores se suponen constantes.<sup>33</sup>

**Tabla 4.2.4: Ecuaciones para la inversión, condiciones de equilibrio y numerario utilizadas en el modelo EGC GEM-Care Colombia**

|    |   |  |
|----|---|--|
| S1 | $INV G_t = (Y G_t - E G_t) + n d f g_t \cdot \overline{C P I}_t + n f f_{g o v, t} \cdot E X R_t$   | $t \in T$  |
| S2 | $INV_t = \sum_{i \in I N S D N G} S A V_{i, t} + n f f_{i, t} \cdot E X R_t - (n d f g_t \cdot \overline{C P I}_t + d r f_t \cdot E X R_t)$   | $t \in T$  |
| S3 | $P K_{f, t} = \sum_{c \in C} P Q D_{c, f, t} \cdot c a p c o m p_{c, f}$  | $f \in F C A P$<br>$t \in T$                               |
| S4 | $P K_{f, t} \cdot D K I N S_{g o v, f, t} = \frac{i n v s h r_{g o v, f, t}}{P K_{f, t}} \cdot \left( I N V G_t - \sum_{c \in C} P Q D_{c, i n v, t} \cdot q d s t k_{c, i n v, t} \right)$                         | $f$<br>$\in F C A P G$<br>$t \in T$                        |
| S5 | $P K_{f, t} \cdot D K I N S_{n g o v, f, t} = \frac{i n v s h r_{n g o v, f, t}}{P K_{f, t}} \cdot \left( I N V_t - \sum_{c \in C} P Q D_{c, i n v, t} \cdot q d s t k_{c, i, t} + i n v f_t \cdot E X R_t \right)$ | $f \in$<br>$F C A P N G$<br>$i \in I N S N G$<br>$t \in T$ |
| S6 | $Q I N V_{c, t} = \sum_{i \in I N S} \sum_{f \in F C A P} c a p c o m p_{c, f} \cdot D K I N S_{i, f, t}$   | $c \in C$<br>$t \in T$                                     |

<sup>32</sup> La ley de Walras establece que, en equilibrio general, el valor de la demanda agregada debe igualar el valor de la oferta agregada. De lo anterior, se deriva el siguiente corolario: si en una economía de  $n$  mercados hay  $n - 1$  mercados en equilibrio, el  $n$ -ésimo mercado también estará en equilibrio.

<sup>33</sup> Alternativamente, puede emplearse como numerario el índice de precios de los productos nacionales. Además, dicho índice de precios puede emplearse en la definición del tipo de cambio real ( $R E X R_t$ ) deflactado por el índice de precios. Es decir,  $D P I_t = \sum_{c \in C} P D S_{c, t} \cdot d w t s_c$  y  $R E X R_t = \frac{E X R_t}{D P I_t}$ .

|     |   |  |
|-----|---|--|
| S7  | $QFINS_{i,f,t} = QFINS_{i,f,t-1}(1 - depr_{f,t-1}) + DKINS_{i,f,t-1}$   | $i \in INSD$<br>$f \in FCAP$<br>$t \in T$<br>$t \notin TMIN$ |
| S8  | $QFINS_{i,f,t} = qfinsb_{i,f,t}$  | $i \in INSD$<br>$f \in FOTH$<br>$t \in T$                    |
| S9  | $WFAVG_{f,t} = \frac{\sum_{a \in A} WF_{f,a,t} \cdot WFDIST_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t}}{\sum_{a \in A} QF_{f,a,t}}$   | $f \in FCAPNG$<br>$t \in T$                                  |
| S10 | $DKA_{f,a,t} = \left( \sum_{i \in INSN} DKINS_{f,i,t} \right) \left( \frac{QF_{f,a,t}}{\sum_{a' \in A} QF_{f,a',t}} \right) \cdot \left( 1 + \kappa_f \left( \frac{WF_{f,t} \cdot WFDIST_{f,a,t}}{WFAVG_{f,t}} - 1 \right) \right)$ | $f \in FCAPNG$<br>$a \in A$<br>$t \in T$                     |
| S11 | $QF_{f,a,t} = QF_{f,a,t-1}(1 - depr_{f,t-1}) + DKA_{f,t-1}$   | $f \in FCAPNG$<br>$a \in A, t \in T$<br>$t \notin TMIN$      |
| S12 | $WF_{f,t} = wfb_f$  | $f \in FCAPNG$   |
| S13 | $QQ_{c,t} = \sum_{h \in H} QH_{c,h,t} + QG_{c,t} + QINV_{c,t} + \sum_{i \in INSD} qdstk_{c,i,t} + \sum_{a \in A} QINT_{c,a,t} + QT_{c,t}$   | $c \in C$<br>$t \in T$                                       |
| S14 | $\sum_{c \in C} pwe_{c,t} \cdot QE_{c,t} + \sum_{ac \in INSDUF} trnsfr_{ac,row,t} + SAVF_t = \sum_{c \in C} pwm_{c,t} \cdot QM_{c,t} + \frac{\sum_{i \in INSDNG} TRII_{row,i,t}}{EXR_t} + \sum_{f \in F} trnsfr_{row,f,t}$          | $t \in T$  |
| S15 | $SAVF_t = \sum_{i \in INSD} nffi_{i,t} + invf_t - drf_t + WALRAS_t$   | $t \in T$  |
| S16 | $\overline{CPI}_t = \sum_{c \in CGDP} \sum_{h \in H} PQD_{c,h,t} \cdot cwts_{c,h}$  | $t \in T$  |

Notas: esta tabla describe las ecuaciones para la inversión, condiciones de equilibrio y numerario que son utilizados en las ecuaciones del modelo EGC GEM-Care Colombia. Fuente: elaboración de los autores.

## 5. Comentarios Finales

GEM-Care Colombia es el primer modelo de EGC con enfoque de género para Colombia que hace foco en el modelado de la economía del cuidado. En particular, cuando GEM-Care Colombia se calibra con la MCS de Colombia documentada en Cicowiez et al. (2022a), permite medir el impacto (cualitativo y cuantitativo) que tendrían políticas como: un programa de subsidios al cuidado de niños y/o adultos mayores; un programa de transferencias monetarias a hogares con niños y/o adultos mayores; un programa de transferencias de servicios de cuidado desde el sector público a hogares con niños y/o adultos mayores; entre otros.

Además, por ser un modelo multipropósito, GEM-Care Colombia permite incorporar el enfoque de género al estudio de choques – de política o de otro tipo – que no están directamente relacionados con la economía del cuidado. Por ejemplo, choques vinculados con cambios en los términos del intercambio, rendimientos agrícolas, cambio climático, entre otros.

En línea con lo anterior, en el sitio web del proyecto Quanta pueden consultarse algunas de las aplicaciones que permite GEM-Care Colombia. En particular, en dicho documento los autores analizan simulaciones de políticas públicas a partir del modelo de EGC aquí presentado. En particular, analizan qué tipo de políticas de cuidado sería más pertinente implementar en el contexto colombiano.

## Referencias

- Agénor, Pierre-Richard, Alejandro Izquierdo, & Henning Tarp Jensen. Editors. 2007. *Adjustment Policies, Poverty, and Unemployment: The IMMPPA Framework*. Blackwell Publishing.
- Álvarez-Espinosa, A. C., Ordóñez, D. A., Nieto, A., Wills, W., Romero, G., Calderón, S. L., Hernández, G., Argüello, R., & Delgado-Cadena, R. (2017). "Evaluación económica de los compromisos de Colombia en el marco de COP21". *Revista Desarrollo y Sociedad*, no. 79, 15-54.
- Argüello C., R. 2009. The International Economic Crisis, the Trade Channel, and the Colombian Economy. *Perfil de Coyuntura Económica*, núm. 13, agosto, 2009, 9-32
- Argüello, R. & Valderrama-Gonzalez, D. (2015). Sectoral and poverty impacts of agricultural policy adjustments in Colombia. *Agricultural Economics*, Volume 46, Issue2, 259-280.
- Arndt, C. & Tarp, F. (2000). Agriculture Technology, Risk and Gender: A CGE Analysis of Mozambique. *World Development*, 28, 1307–1326.
- Arndt, C., Benfica, R. & Thurlow, J. (2011). Gender Implications of Biofuels Expansion in Africa: The Case of Mozambique. *World Development*, 39, 1649–1662.
- Arndt, C., Robinson, S. & Tarp, F. (2006) Trade Reform and Gender in Mozambique. *Nordic Journal of Political Economy*, 32, 73–89.
- Atuesta, L. & Hewings, Geoffrey J.D. (2013): ECONOMIC WELFARE ANALYSIS OF THE LEGALIZATION OF DRUGS: A CGE MICROSIMULATION MODEL FOR COLOMBIA. *Economic Systems Research*, 25:2, 190-211.
- Banerjee, O., Cicowiez, M., Vargas, R., Obst, C., Rojas Cala, J., Alvarez-Espinosa, A.C, Melo, S., Riveros, L., Sáenz Meneses, G. & Sáenz Meneses, D. (2021). Gross domestic product alone provides misleading policy guidance for post-conflict land use trajectories in Colombia. *Ecological Economics*, vol. 182, issue C
- Céspedes, E. (2022). Modelo de equilibrio general para economía del cuidado. *Seminarios de Economía DNP*.
- Cicowiez, M. & Lofgren, H. (2021a). CWE-GAM METHODOLOGY REPORT GEM-CARE: A GENDERED DYNAMIC GENERAL EQUILIBRIUM MODEL FOR ANALYSIS OF CARE. *CWE-GAM Methodology Report*: 21-03.
- Cicowiez, M. & Lofgren, H. (2021b). CHILD AND ELDERLY CARE IN SOUTH KOREA: POLICY ANALYSIS WITH A GENDERED, CAREFOCUSED COMPUTABLE GENERAL EQUILIBRIUM MODEL. *CWE-GAM Working Paper Series*: 21-05.
- Cicowiez, M., & Lofgren, H. (2017). "A GEM for Streamlined Dynamic CGE Analysis: Structure, Interface, Data, and Macro Application." *World Bank Policy Research Working Paper 8272*, December.
- Cicowiez, M., Díaz Pardo, G., Lofgren, H., Mojica Urueña, T., & Tribín, A. M. (2022a). Construcción de una Matriz de Contabilidad Social con Trabajo Doméstico y de Cuidado No Remunerado para Colombia 2017. *Proyecto Quanta*.
- Cicowiez, M., Akinyemi, O, Sesan, T., Omobola, A. & Sokeye, B. (2022b). Gender-differentiated impacts of a Rural Electrification Policy in Nigeria. *Energy Policy* Volume 162.
- Cockburn, J., Fofana, I., Decaluwe, B., Mabugu, R., & Chitiga, M. (2007). A Gender-Focused Macro-Micro Analysis of the Poverty Impacts of Trade Liberalization in South Africa (pp. 269–305). [https://doi.org/10.1016/S1049-2585\(07\)15011-0](https://doi.org/10.1016/S1049-2585(07)15011-0)

- Decaluwé, B., Lemelin, A., Robichaud, V., & Maisonnave, H. (2013). "PEP-1-1: The PEP Standard Computable General Equilibrium Single-Country, Static CGE Model, Version 2.1." Partnership for Economic Policy.
- Dervis, K., de Melo, J. & Robinson, S. (1982). *General Equilibrium Models for Development Policy*. Cambridge University Press.
- Escalante, L. E. & Maisonnave, H. (2022). Gender and Covid-19: Are women bearing the brunt? A case study for Bolivia. *Journal of International Development* 34 (4): 754-770.
- Jiménez, D. E., Saldarriaga-Isaza, A., & Cicowiez, M. (2022). Distributional and economy-wide effects of post-conflict agricultural policy in Colombia. *European Review of Agricultural Economics*, Volume 49, Issue 3, June 2022
- Haddad, A., Bonet, J., Hewings, G.J.D. & Perobelli, F.S. (2009). Spatial aspects of trade liberalization in Colombia: A general equilibrium approach. *Papers in Regional Science* Volume 88, Issue 4, Pages 699-732.
- Fontana, M. (2013). Gender in economy-wide modelling. In Rai, Shirin M. y Waylen, Georgina (eds.). *New Frontiers in Feminist Political Economy*. Routledge.
- Fontana, M. (2004). Modelling the effects of trade on women, at work and at home: comparative perspectives. *Économie internationale*, no 99(3), 49–80. <https://doi.org/10.3917/eoci.099.0049>
- Fontana, M., & Wood, A. (2000). Modeling the Effects of Trade on Women, at Work and at Home. *World Development*, 28(7), 1173–1190. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00033-4)
- Fontana, M., Byambasuren, B. & Estrades, C. (2020). OPTIONS FOR MODELING THE DISTRIBUTIONAL IMPACT OF CARE POLICIES USING A GENERAL EQUILIBRIUM (CGE) FRAMEWORK. *CWE-GAM Working Paper Series: 20-03*.
- Fontana, M. (2014). "Gender in Economy-Wide Modelling." In *New Frontiers in Feminist Political Economy*, edited by Shirin M. Rai and Georgina Waylen. Routledge.
- Hernández, G. (2012). Payroll Taxes and the Labor Market: A Computable General Equilibrium Analysis. *Latin American Journal of Economics*, Vol. 49, Nº. 1, 2012, págs. 99-123
- Karl E. & Claudio R. (2004). How Can Tax Policies and Macroeconomic Shocks Affect the Poor? A Quantitative Assessment Using a Computable General Equilibrium Framework for Colombia. *Revista ESPE*, No. 46-II Edición Especial. Páginas 450-519
- Botero García, J. (2011). Effect of Taxes on Capital and Labor in Colombia: A Computable General Equilibrium Analysis. *Ecos de Economía*, vol.15, n.33, pp.49-69.
- Lofgren, H. y Martín Cicowiez. GEM-Care: A Gendered Dynamic General Equilibrium Model for Analysis of Care. *CWE-GAM Methodology Report*.
- Lofgren, H., Cicowiez, M. & Diaz-Bonilla, C. (2013). "MAMS – A Computable General Equilibrium Model for Developing Country Strategy Analysis." In *Handbook of Computable General Equilibrium Modeling. Volume 1A*, edited by Peter B. Dixon and Dale W. Jorgenson. North Holland, Elsevier B.V.
- Lofgren, H., Fontana, M. & Kim, K. (2018). "Caring for Young and Elderly in Aging East Asia: Stylized Policy Simulations in a Gendered General Equilibrium Model." Draft. August 11.
- Lofgren, H., Harris, R. B. & Robinson, S. with assistance from Moataz El-Said and Marcelle Thomas. 2002. "A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS." *Microcomputers in Policy Research Vol. 5*. Washington, D.C.: IFPRI.
- López Montañó, C. (2020). LA ECONOMÍA DEL CUIDADO: UN NUEVO SECTOR PRODUCTIVO. Friedrich-Ebert-Stiftung (FES).

- López, C., Pachón, J. D., & Pérez-Reyna, D. (2021). Getting the unpaid care economy out of the household (CISoe Discussion Paper).
- López, C., Rodríguez, C., Rey de Marulanda, N., & Ocampo, J. A. (2015). Bases para un nuevo modelo de desarrollo con igualdad de género. [https://colombia.unwomen.org/sites/default/files/Field Office Colombia/Documentos/Publicaciones/2015/CISOE FINAL.pdf](https://colombia.unwomen.org/sites/default/files/Field%20Office%20Colombia/Documentos/Publicaciones/2015/CISOE_FINAL.pdf)
- Manrique, L. C., Gutierrez, E. & y Gonzalez, G. (2008) Computable General Equilibrium (Egc) for the Production of Sugar and Bioethanol in Colombia. *Revista de Ingeniería*, n.28, pp.106-112. ISSN 0121-4993.
- McDonald, S. (2015). “A Static Applied General Equilibrium Model: Technical Documentation: STAGE Version 2.” Unpublished.
- Mitik, L., & Decaluwé, B. (2009). Market Labor, Household Work and Schooling in South Africa: Modeling the Effects of Trade on Adults’ and Children’s Time Allocation (Núm. 0933; Cahiers de recherche).
- Moreno, L. (2022, junio 10). “El cuidado no es un tema de género, sino de desarrollo”. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/impacto-mujer/el-cuidado-no-es-un-tema-de-genero-sino-de-desarrollo/>
- Romero, G., Álvarez-Espinosa, A. , Calderón, S. & Ordóñez, A. (2018). Impactos distributivos de un impuesto al carbono en Colombia: vínculo entre modelos demicrosimulaciones y equilibrio general. *Lecturas de Economía* 89.
- Severini, F., Felici, F., Ferracuti, N., Pretaroli R. & Socci, C. (2019). Gender policy and female employment: a CGE model for Italy. *Economic Systems Research* 31.
- Siddiqui, R. (2009). Modeling Gender Effects of Pakistan’s Trade Liberalization. *Feminist Economics*, 15(3), 287–321. <https://doi.org/10.1080/13545700902964295>
- UN. (2009). *System of National Accounts 2008*. New York.



## Apéndice A: Comparación de estadísticas del mercado laboral y la fecundidad en Colombia y Corea del Sur\*

En este apartado, se presentan las principales estadísticas de mercado laboral y de necesidades de cuidado para Colombia y Corea del Sur. Los datos fueron obtenidos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), del Banco Mundial y del Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (DANE). Para las estadísticas de mercado laboral se consideran distintas formas de medir el desempleo anual y modelaciones realizadas por la OIT. Este enfoque provee solidez a los hallazgos realizados a partir de la tasa de desempleo convencionalmente utilizada (es decir, la razón entre las personas en búsqueda de empleo y la población económicamente activa).

La Gráfica A1 muestra que la tasa anual de desempleo de Colombia duplica la tasa de Corea del Sur, y que esta relación se ha mantenido relativamente estable durante los últimos 10 años. Antes de la pandemia por COVID-19, el nivel de desempleo en Colombia se ubicaba en el 10%, mientras que en Corea del Sur estaba en el 3.8%. La emergencia sanitaria y el cierre de las economías de 2019-2020 incrementaron considerablemente el desempleo en Colombia, que llegó al 15% en 2020. Sin embargo, el desempleo se mantuvo estable en Corea (3.9%), incluso manteniendo su nivel prepandemia. Otras modelaciones de la tasa de desempleo corroboran esta brecha entre países. Por ejemplo, este hallazgo se mantiene si se incluye el subempleo dentro de la medición de desempleo (Gráfica A2), si se considera la fuerza de trabajo potencial (Gráfica A3 y Gráfica A4), y si se considera la subutilización laboral (Gráfica A5 y Gráfica A6).

Las tendencias en el desempleo se sostienen incluso cuando se discrimina la población por su nivel educativo. La Gráfica A7 distingue la tasa de desempleo según el grado de calificación de las personas para cada país. En Colombia las tasas más altas las experimentan las personas con educación intermedia o superior, pero en Corea del Sur existe poca diferencia en el desempleo de las personas según su educación. Por lo tanto, es clara la diferencia en la situación del desempleo entre ambos países. Asimismo, es importante mencionar que el empleo en Colombia es mayoritariamente informal. La Gráfica A8 muestra que en 2021 el 63.2% de los trabajadores colombianos eran informales, lo que repercute directamente sobre la estabilidad de sus ingresos laborales, sus condiciones de trabajo, y su calidad de vida.<sup>34</sup>

Las brechas entre países se sostienen al analizar otros indicadores de mercado laboral. Por ejemplo, el salario anual promedio de Corea del Sur es el cuádruple del salario de Colombia en términos de paridad del poder adquisitivo (Gráfica A9). Es decir, el empleado promedio coreano es capaz de adquirir 4 veces más bienes y servicios que su contraparte colombiana. Además, el salario de Corea ha crecido de forma sostenida durante los últimos 10 años, mientras que en Colombia se ha mantenido relativamente constante. Un hecho importante es que Colombia parece ser menos desigual en términos de la brecha de género salarial. La Gráfica A10 muestra que la diferencia en el salario anual promedio de hombres y mujeres es más baja en Colombia que en Corea del Sur. De igual forma, la brecha ha disminuido más rápidamente en el primer país que en el segundo.

La distribución del empleo por sectores económicos es distinta entre Colombia y Corea del Sur (Gráfica A11). En Colombia, el sector de Comercio, transporte y alojamiento agrupa a la mayor parte de las personas empleadas, seguido de la Administración pública, la agricultura, la industria manufacturera y por último la Construcción. En Corea del Sur predomina el empleo por la Administración pública y el Comercio, y la construcción ocupa más del doble de personas que en

---

\* Este apéndice fue preparado por Ana Pirela-Ríos y Alan Gómez.

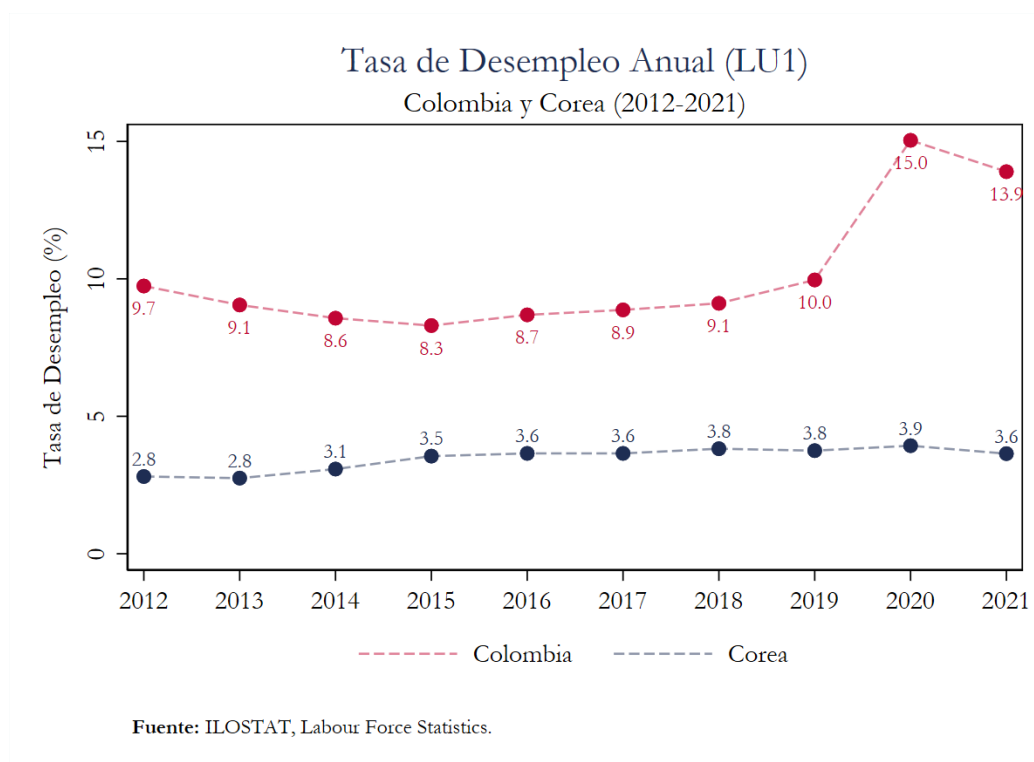
<sup>34</sup> La OIT ni otras fuentes estadísticas oficiales reportan la tasa de informalidad anual de Corea del Sur.

Colombia. También tiene mucho menos peso la agricultura. Como muestra la Gráfica A11, la composición sectorial del empleo ha cambiado poco en los últimos 10 años en ambos países.

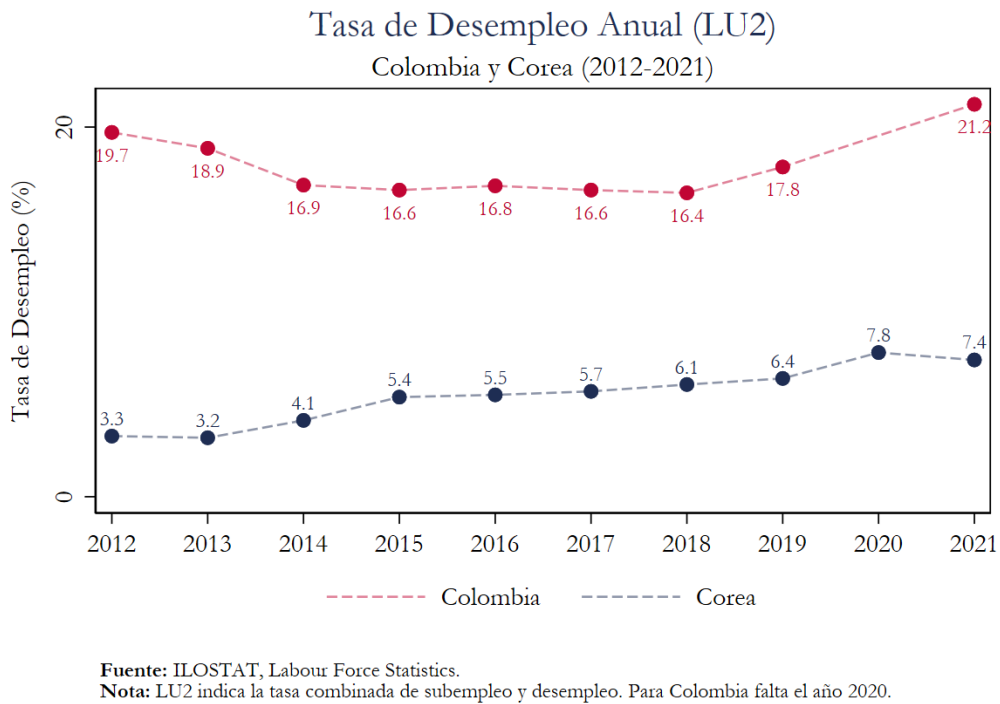
Las necesidades de cuidado también difieren entre los dos países. La Gráfica A12 muestra las personas que requieren una alta atención, o que tienen necesidades fuertes de cuidado, como lo son los niños menores de 9 años y los adultos mayores de 65 años, como porcentaje de las personas en edad de trabajar (PET). En Corea ha habido un rápido aumento de la población mayor, que en 2020 alcanzó a representar el 27% de las personas más jóvenes. Por el contrario, la población de niños va en declive, pasando del 13% de la PET en 2010 al 11% en 2020. Por lo tanto, es un país que actualmente requiere más cuidados para los adultos mayores que para niños, y en el que se espera que cada vez más se demande este tipo de servicio. Por el contrario, en Colombia hay muchos más niños que adultos mayores. No obstante, la participación de los niños también ha disminuido en los últimos años, pasando del 25% de la PET en 2010 al 21% en 2020. Al igual que en Corea la población mayor va en aumento: en 2010 representaban el 10% de las personas en edad de trabajar, y para el 2020 esta cifra se situó en el 12.5%. Pero a pesar de la tendencia al envejecimiento de la población, en Colombia aún predomina la necesidad de cuidado para niños.

Tanto Corea del Sur como Colombia muestran un declive en el número de hijos por mujer, sin embargo, las colombianas tienen en promedio 1 hijo más que las mujeres de Corea (1.8 vs 0.8, respectivamente). La tasa de fecundidad de Colombia ha caído de forma sostenida desde el año 2000, y se sitúa en mínimos históricos (Gráfica A13). La tasa de Corea del Sur, aunque menor, ha fluctuado menos en los últimos 20 años, pero ha ido disminuyendo con el paso del tiempo. Esto implica que en el mediano o largo plazo ambos países tendrán necesidades de cuidado orientadas hacia la población mayor, pues cada vez hay menos mujeres teniendo hijos y demandando cuidado para niños. Además, esta situación puede tener implicaciones sobre el sistema de salud y pensión, y los resultados del mercado laboral de ambos países.

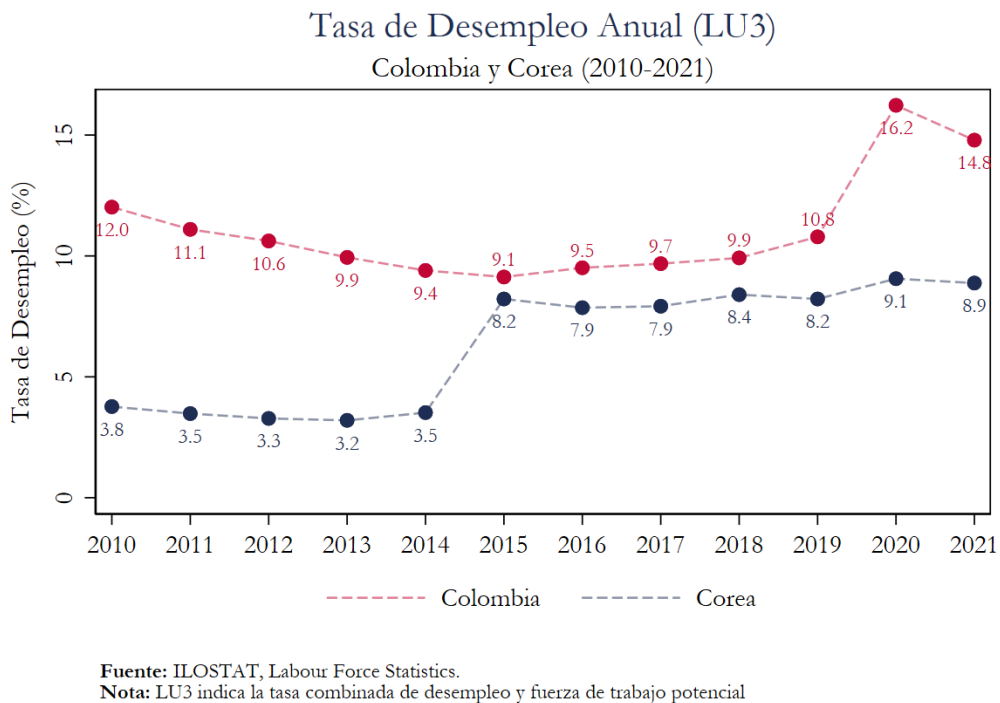
**Gráfica A1. Tasa de desempleo anual LU1 de Colombia y Corea del Sur, 2012-2021**



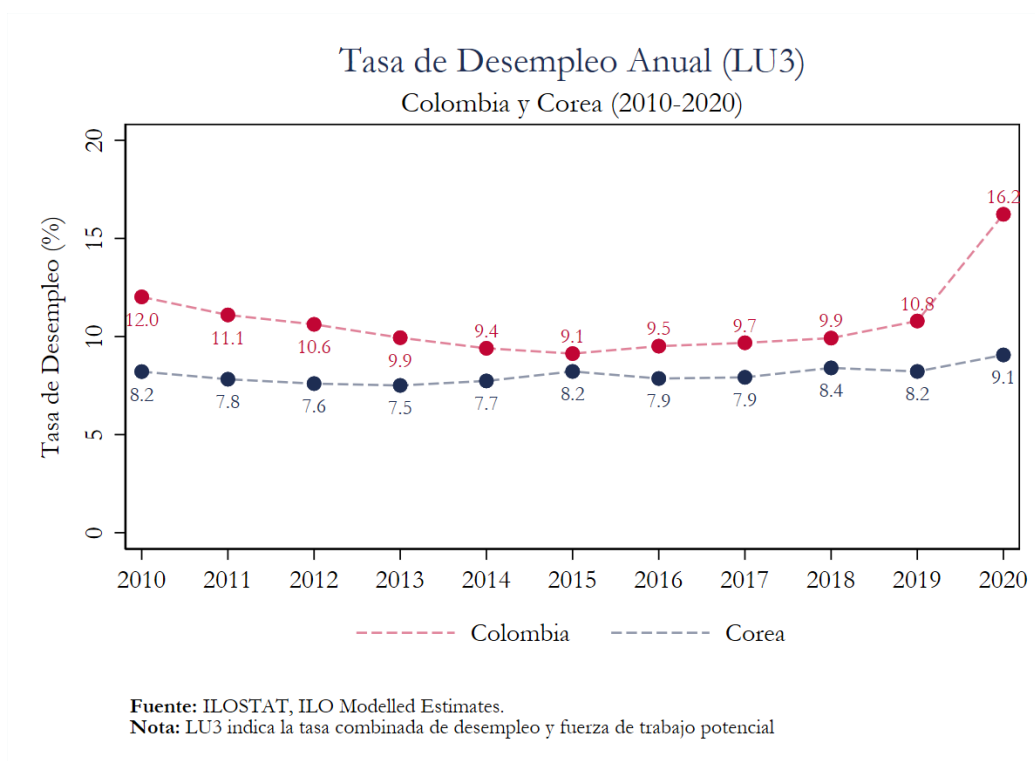
**Gráfica A2. Tasa de desempleo anual LU2 de Colombia y Corea del Sur, 2012-2021**



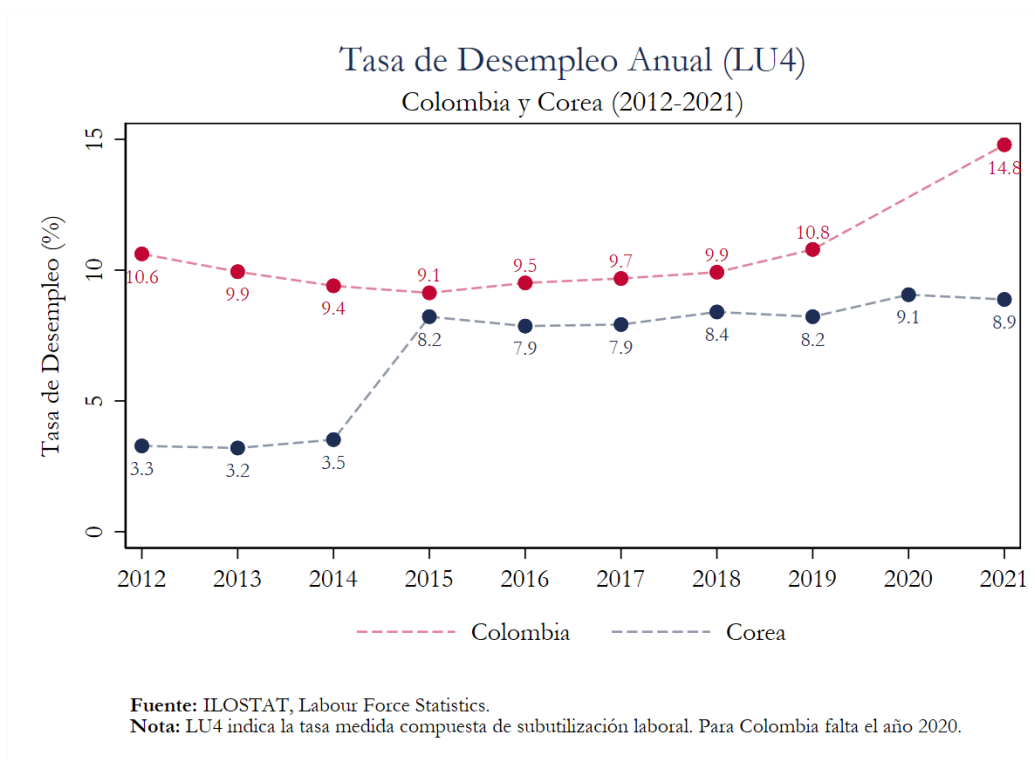
**Gráfica A3. Tasa de desempleo anual LU3 de Colombia y Corea del Sur, 2012-2021**



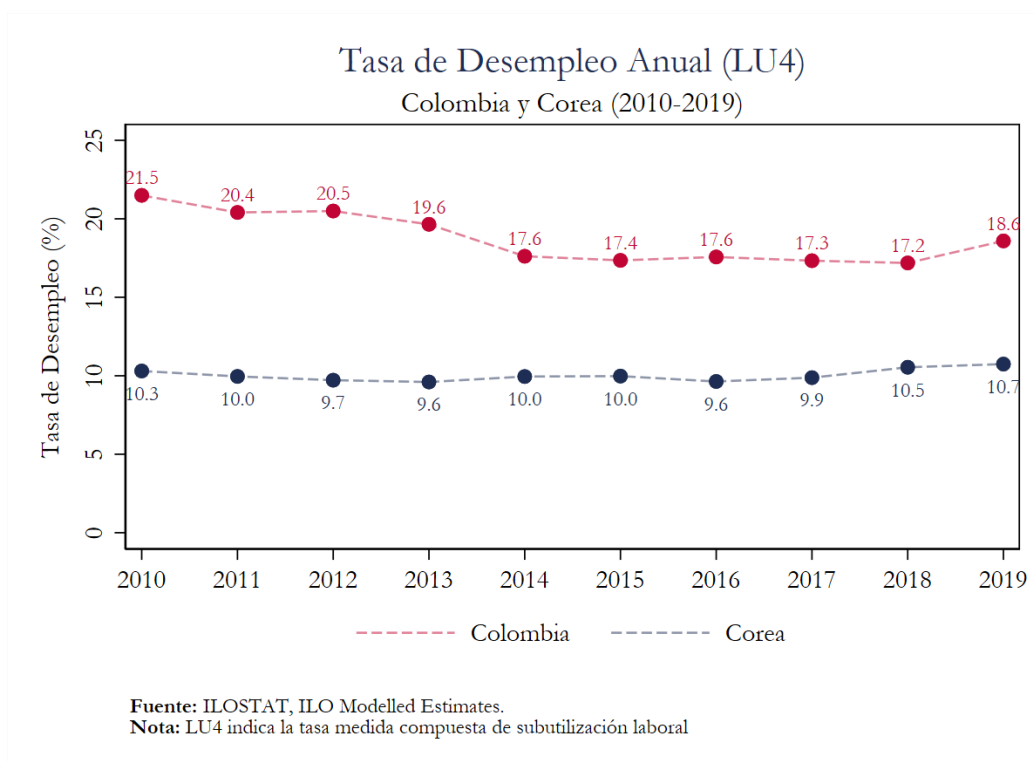
**Gráfica A4. Tasa de desempleo anual LU3 (modelada) de Colombia y Corea del Sur, 2012-2021**



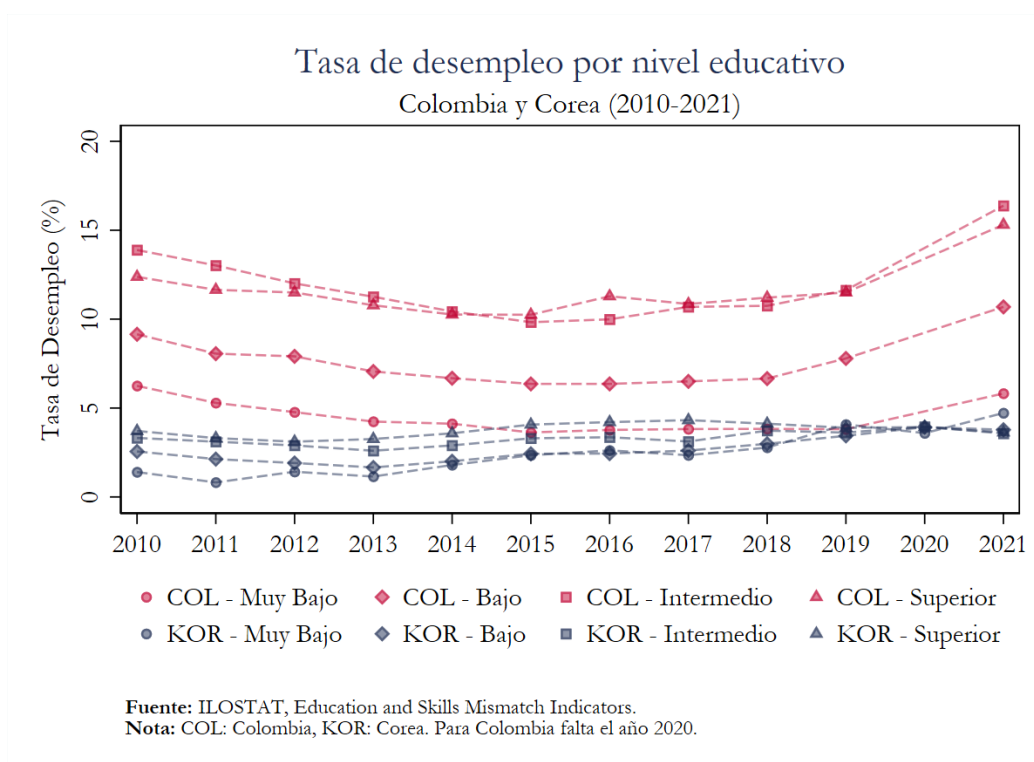
**Gráfica A5. Tasa de desempleo anual LU4 de Colombia y Corea del Sur, 2012-2021**



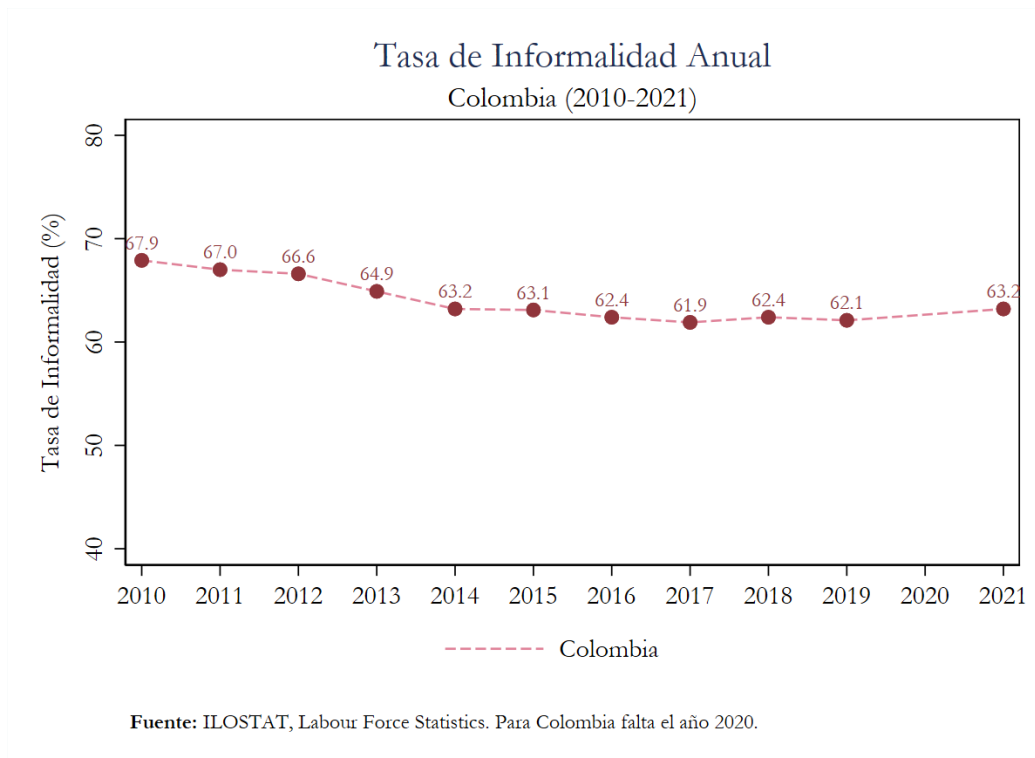
**Gráfica A6. Tasa de desempleo anual LU4 (modelada) de Colombia y Corea del Sur, 2012-2021**



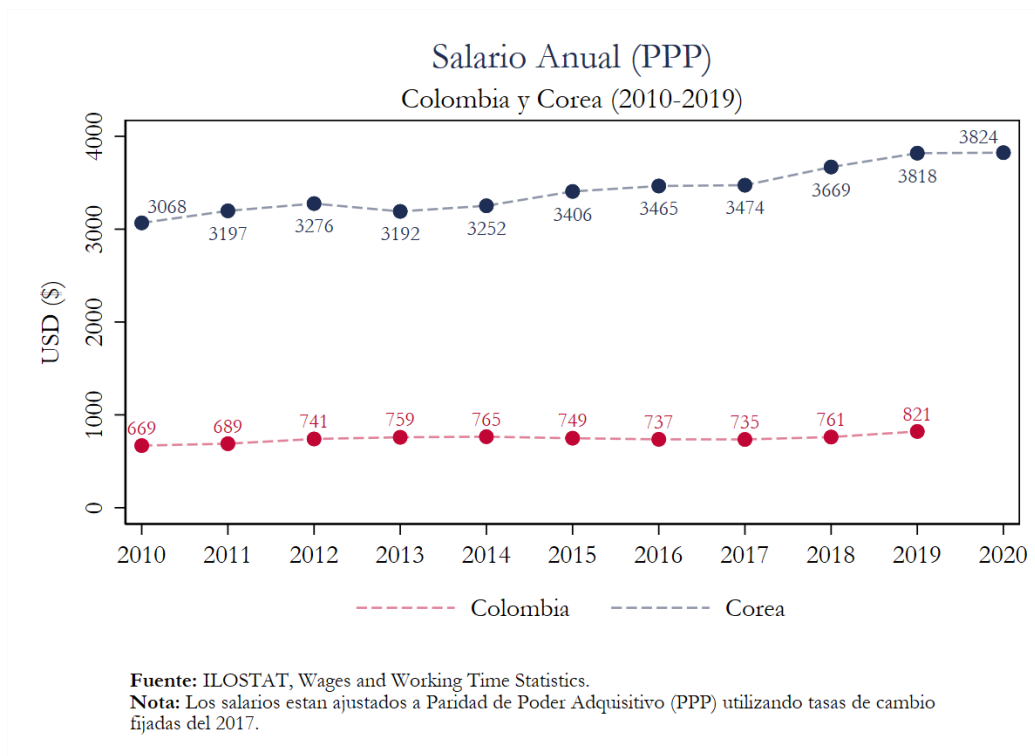
**Gráfica A7. Tasa de desempleo por nivel educativo de Colombia y Corea del Sur, 2010-2021**



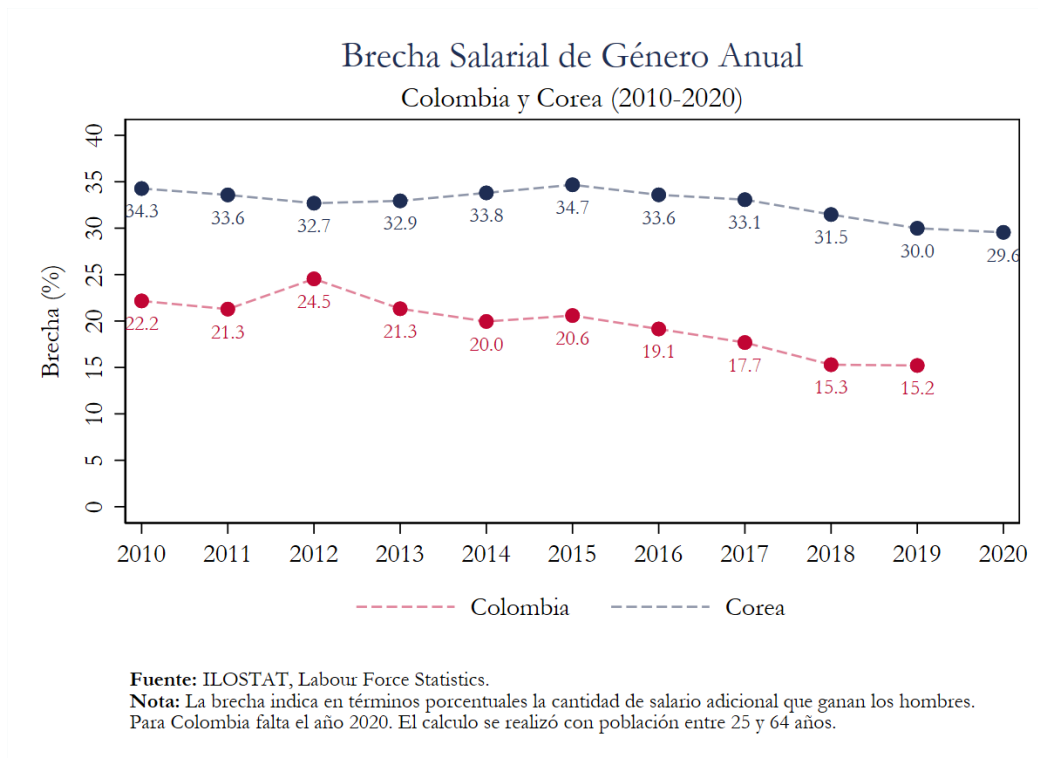
**Gráfica A8. Tasa de informalidad anual de Colombia, 2010-2021**



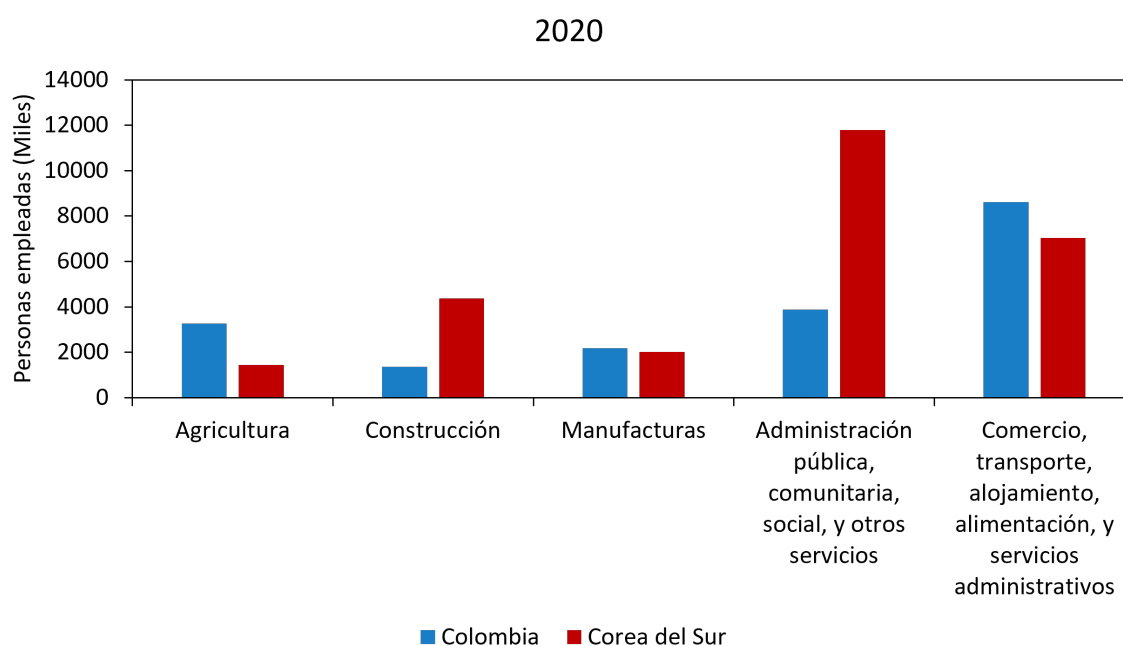
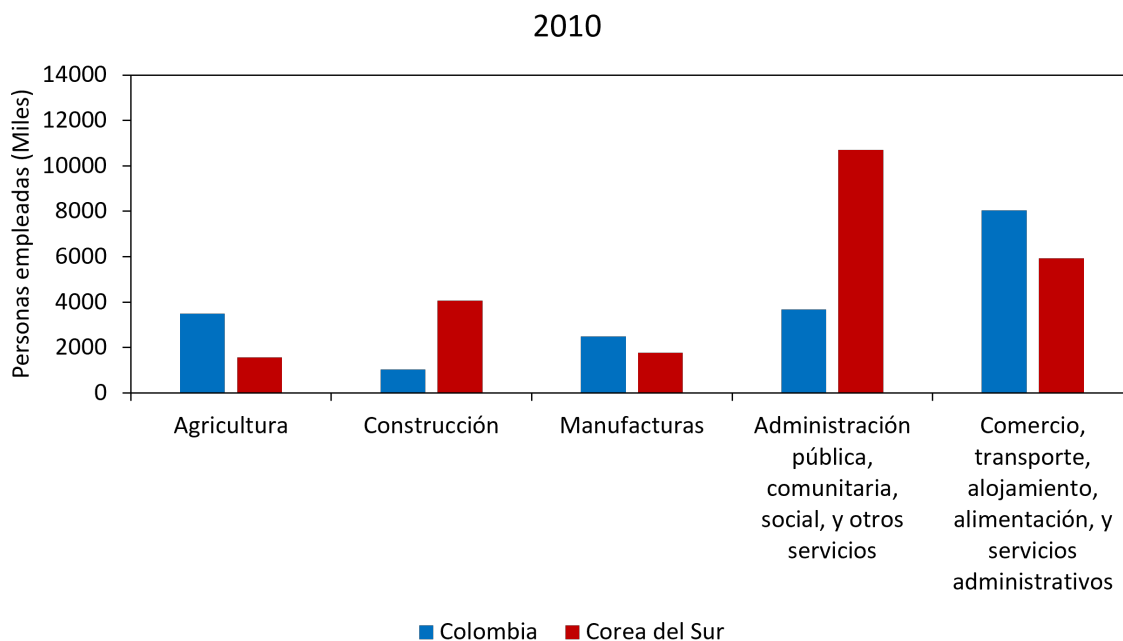
**Gráfica A9. Salario anual (en paridad del poder adquisitivo) de Colombia y Corea del Sur, 2010-2020**



**Gráfica A10. Brecha salarial de género anual de Colombia y Corea del Sur, 2010-2021**



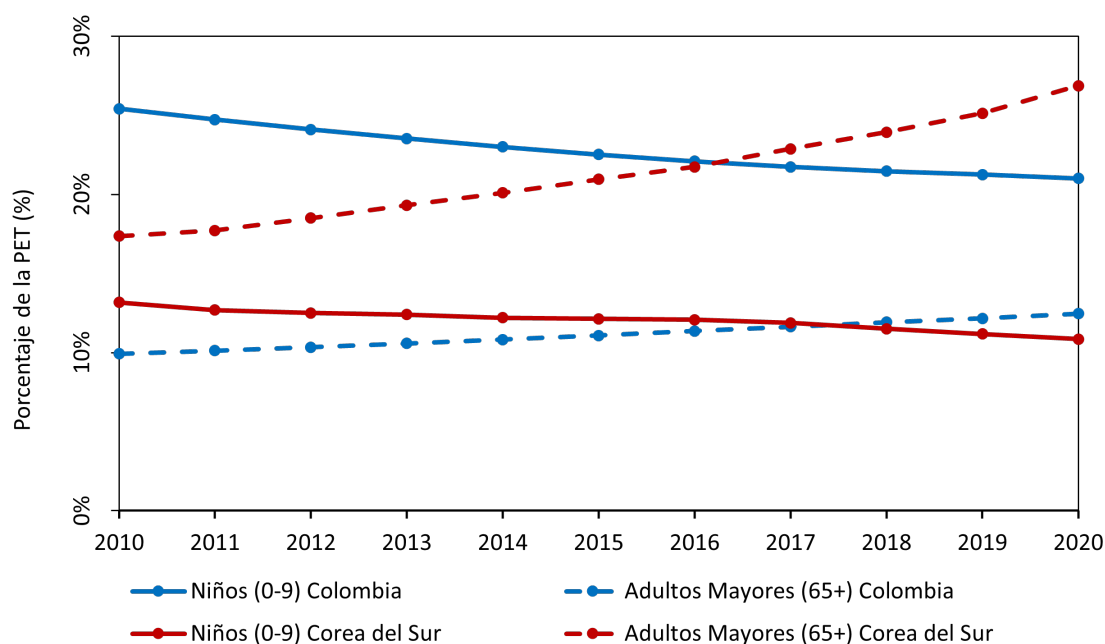
**Gráfica A11. Empleo por sector económico agregado (en miles de personas) para Colombia y Corea del Sur, 2010 y 2020**



Fuente: datos de ILOSTAT por sector económico agregado. Las poblaciones de Colombia y Corea del Sur son muy similares: en 2020 Colombia tuvo 50.88 millones de habitantes y Corea del Sur 51.78 millones de habitantes.

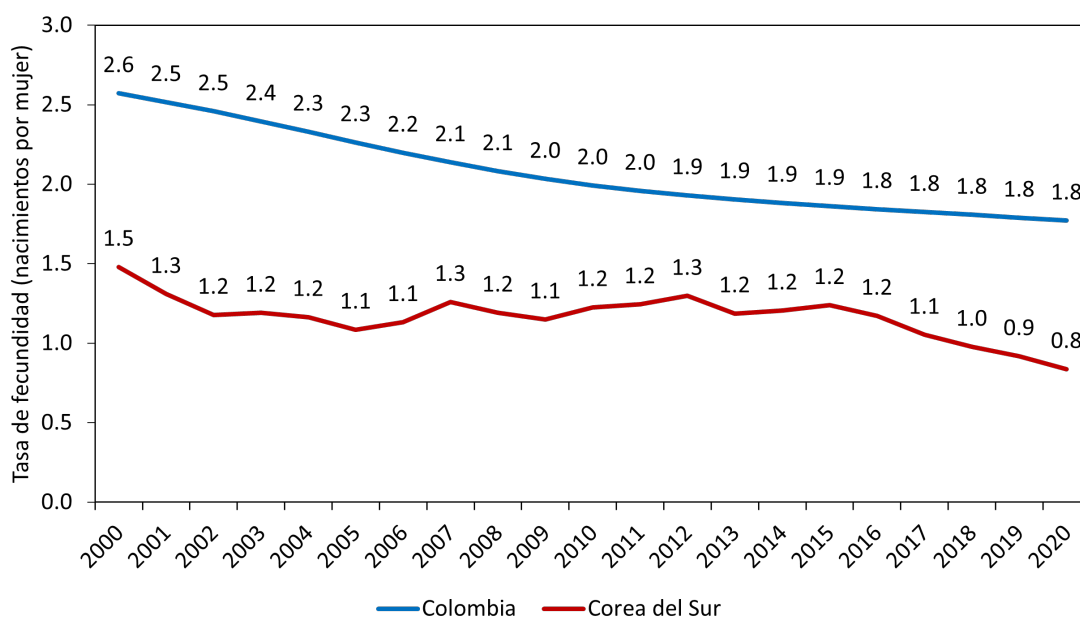


**Gráfica A12. Personas con altas necesidades de cuidado (niños y adultos mayores) como porcentaje de la población en edad de trabajar (PET) , Colombia y Corea del Sur, 2010-2020**



Fuente: proyecciones de población del DANE con base al Censo Nacional de Población y Vivienda de 2018 para Colombia, y datos del Sistema de Información Estadística Coreano para Corea del Sur. Las poblaciones de Colombia y Corea del Sur son muy similares: en 2020 Colombia tuvo 50.88 millones de habitantes y Corea del Sur 51.78 millones de habitantes. La población en edad de trabajar (PET) comprende a las personas entre 15 y 64 años.

**Gráfica A13. Tasa de fecundidad de Colombia y Corea del Sur, 2010-2020**



Fuente: datos del Banco Mundial sobre la tasa de fecundidad de Colombia y Corea del Sur para el periodo 2010-2020.

