

SEPARATA

## Un modelo *stock*-flujo ecológico para Centroamérica

Lorenzo Nalin, Esteban Pérez Caldentey,  
Leonardo Rojas y Giuliano Toshio Yajima

REVISTA

COMISIÓN  
ECONÓMICA PARA  
AMÉRICA LATINA  
Y EL CARIBE



NACIONES UNIDAS

CEPAL

# Un modelo stock-flujo ecológico para Centroamérica

Lorenzo Nalin, Esteban Pérez Caldentey,  
Leonardo Rojas y Giuliano Toshio Yajima<sup>1</sup>

Recibido: 27/02/2024  
Aceptado: 08/05/2024

## Resumen

En este artículo se presenta un modelo *stock-flujo* consistente con un módulo ecológico para las economías centroamericanas. El modelo se basa en un conjunto de hechos estilizados. Incluye cinco sectores institucionales (consumidores, empresas, gobierno, banco central y resto del mundo) y siete activos financieros: i) deuda pública emitida en moneda nacional y extranjera, ii) deuda privada emitida en moneda nacional, iii) deuda emitida por el resto del mundo, iv) préstamos de los bancos al sector privado para inversión y crédito al consumo, v) depósitos públicos y privados, vi) préstamos del resto del mundo al sector financiero nacional y vii) efectivo.

## Palabras clave

Tendencias económicas, condiciones económicas, macroeconomía, modelos matemáticos, ecología, cambio climático, recursos energéticos, política energética, América Central

## Clasificación JEL

Q54, Q43, E12, N16

## Autores

Lorenzo Nalin es investigador de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Correo electrónico: lorenzo.nalin@comunidad.unam.mx.

Esteban Pérez Caldentey es Coordinador de la Unidad de Financiamiento para el Desarrollo de la División de Desarrollo Económico de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Correo electrónico: esteban.perez@un.org.

Leonardo Rojas es investigador del Grupo de Socioeconomía, Instituciones y Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: leorojasrod@unal.edu.co.

Giuliano Toshio Yajima es investigador académico del Levy Economics Institute of Bard College. Correo electrónico: gyajima@levy.org.

<sup>1</sup> Los nombres de los autores figuran en orden alfabético. Las opiniones aquí expresadas son las de los autores y pueden no coincidir con las de las instituciones a las que pertenecen.

# I. Introducción

En el presente artículo se presenta un modelo *stock*-flujo consistente aplicado al caso de las economías centroamericanas. El artículo se basa en trabajos anteriores de los autores y forma parte de un proyecto a más largo plazo cuyo objetivo es diseñar un modelo *stock*-flujo consistente útil y confiable que se pueda aplicar a los diferentes países de América Latina y el Caribe<sup>2</sup>.

La tradición de elaborar modelos *stock*-flujo se basa en una ley fundamental de la macroeconomía, a saber, que los *stocks* y los flujos deben satisfacer tanto las restricciones de las personas como las de la economía en su conjunto para que todas las restricciones sean compatibles entre sí (Godley y Cripps, 1983, pág. 18). Ello implica que solo determinadas configuraciones de transacciones pueden ser compatibles entre sí para todos los agentes económicos considerados en el modelo. El marco consistente no exige satisfacer *ex ante* unas condiciones de equilibrio concretas. En el modelo no hay agujeros negros ni supuestos tácitos. Como explica Godley (1999, pág. 394), todos los flujos provienen de algún sitio y se dirigen a algún sitio.

Las relaciones lógicas y de comportamiento que se establecen en este modelo *stock*-flujo consistente se basan en gran medida en un conjunto de hechos estilizados que caracterizan a las economías centroamericanas. Se parte de la noción de que los procesos macroeconómicos dependen de la evolución histórica de los países, así como de sus instituciones, su estructura productiva y su modalidad de inserción internacional. Dada la importancia de los efectos relacionados con el clima en la determinación de los resultados de las economías más pequeñas, como las de Centroamérica, en el presente modelo *stock*-flujo se incluye un módulo ecológico y energético.

El modelo abarca cinco sectores institucionales, a saber: i) el sector privado, integrado por los consumidores y las empresas; ii) el sector financiero; iii) el gobierno; iv) el banco central, y v) el resto del mundo. Los cinco sectores negocian con siete activos financieros: i) deuda pública emitida en moneda nacional y extranjera; ii) deuda privada emitida en moneda nacional; iii) deuda emitida por el resto del mundo; iv) préstamos de los bancos al sector privado para inversión y crédito al consumo; v) depósitos públicos y privados; vi) préstamos del resto del mundo al sector financiero nacional, y vii) efectivo.

El presente artículo se divide en ocho secciones. En la segunda sección se explica la lógica y las principales características de los modelos *stock*-flujo y del enfoque que aquí se ha adoptado para crear el modelo de las economías centroamericanas. En la tercera sección se presentan los hechos estilizados clave de las economías centroamericanas que se han incluido en la definición del modelo. En la cuarta sección se describe el modelo *stock*-flujo consistente y sus principales ecuaciones por sector institucional. En la quinta sección se describe la lógica de funcionamiento y las relaciones de causalidad del modelo. Debido a que el espacio disponible es limitado, en el presente artículo no se proporciona la definición del modelo completo, ya que este consta de 214 ecuaciones<sup>3</sup>. En la sexta sección se incorpora el módulo ecológico en el modelo por medio de una función de daño y se ponen de manifiesto sus vínculos con las variables reales y monetarias. En la séptima sección se ofrecen simulaciones seleccionadas del modelo en que se tiene en cuenta el cambio climático, y en la última sección se brinda una serie de conclusiones.

<sup>2</sup> Véase, asimismo, una aplicación de los modelos *stock*-flujo a Centroamérica en Baltodano (2017).

<sup>3</sup> Los autores pueden proporcionar la especificación completa del modelo a quien lo solicite.

## II. Elaboración de modelos stock-flujo consistentes y lógica que los sustenta

Los modelos *stock*-flujo consistentes ofrecen ventajas respecto de otras tradiciones y alternativas de modelización. Estos modelos se basan en una ley fundamental de la macroeconomía que se asemeja al principio de la conservación de la energía en el ámbito de la física, a saber, que los *stocks* y los flujos deben satisfacer tanto las restricciones de las personas como las de la economía en su conjunto, de modo que todas las restricciones sean compatibles entre sí (Godley y Cripps, 1983, pág. 18). Por consiguiente, solo determinadas configuraciones de transacciones son compatibles entre sí para todos los agentes económicos.

Las restricciones que se imponen a las personas y a la economía en su conjunto se satisfacen aplicando un único axioma de comportamiento según el cual la relación entre las variables de *stock* y de flujo, aunque no es invariable, se mantiene estable a lo largo del tiempo. Las normas que rigen los *stocks* y los flujos inciden en gran medida en la lógica interna de funcionamiento del modelo<sup>4</sup>.

Una de las normas que rigen los *stocks* y los flujos es el tiempo promedio durante el cual los efectos plenos de la expansión de la demanda agregada se sienten en toda la economía y conducen al establecimiento de un estado estacionario (Godley y Cripps, 1983). Otra norma importante de los *stocks* y los flujos proviene del hecho de que la función del consumo se trata como una función de la riqueza (Godley y Lavoie, 2007, págs. 7475). En términos continuos, la acumulación de riqueza ( $\frac{dNW}{dt}$ ) (donde  $NW$  = patrimonio neto) viene dada por la diferencia entre el consumo ( $C$ ) y el ingreso disponible ( $D$ ),  $C - D$ <sup>5</sup>. El consumo se define como una función del ingreso disponible y el patrimonio neto,  $C = \alpha_1 D + \alpha_2 NW$ .  $C - D = \alpha_1 D - \alpha_2 NW - D$ . Al reordenar los términos, se obtiene la siguiente ecuación:  $C - D = D(1 - \alpha_1) - \alpha_2 NW \Leftrightarrow \alpha_3(\alpha_3 D - NW)$ , donde  $\alpha_3 = \left(\frac{1 - \alpha_1}{\alpha_2}\right)$ . Como explican Godley y Lavoie 2007, pág. 75), la riqueza se acumula a un ritmo establecido determinado por el parámetro de ajuste parcial  $\alpha_2$ , hacia una proporción deseada  $\alpha_3$  de ingreso disponible. Se establece  $C - D$  de modo de obtener un nivel de riqueza deseado  $\overline{NW}$ . La solución da  $\overline{NW} = \frac{D(1 - \alpha_1)}{\alpha_2} = \alpha_3 \overline{D}$ , donde  $\alpha_3$  es la norma de los *stocks* y los flujos que se aplica al consumo de los hogares. Una de las principales consecuencias de esta norma es que el nivel de ahorro depende de la diferencia entre el nivel de riqueza deseado ( $\overline{NW}$ ) y el nivel de riqueza efectivo ( $NW_R$ ),  $S = \overline{NW} - NW_R$ .

Las normas que rigen los *stocks* y los flujos son exógenas y, en consecuencia, algunas de las principales proposiciones del modelo son el resultado de conclusiones lógicamente inevitables. Las relaciones lógicas priman sobre las de comportamiento. Las primeras proporcionan el marco en el que funcionan las segundas, lo que hace redundante definir las en términos de fundamentos microeconómicos. La consistencia entre los planes y expectativas de los distintos agentes o sectores y los resultados se logra por medio del sistema financiero, que se adapta de forma endógena a la demanda de liquidez<sup>6</sup>.

En los modelos *stock*-flujo consistentes se comienza por definir las transacciones, las matrices de flujos de fondos y de balance en que se incorporan las transacciones entre los distintos agentes (es decir, los flujos) y sus correspondientes ganancias o pérdidas en el balance (es decir, los *stocks*).

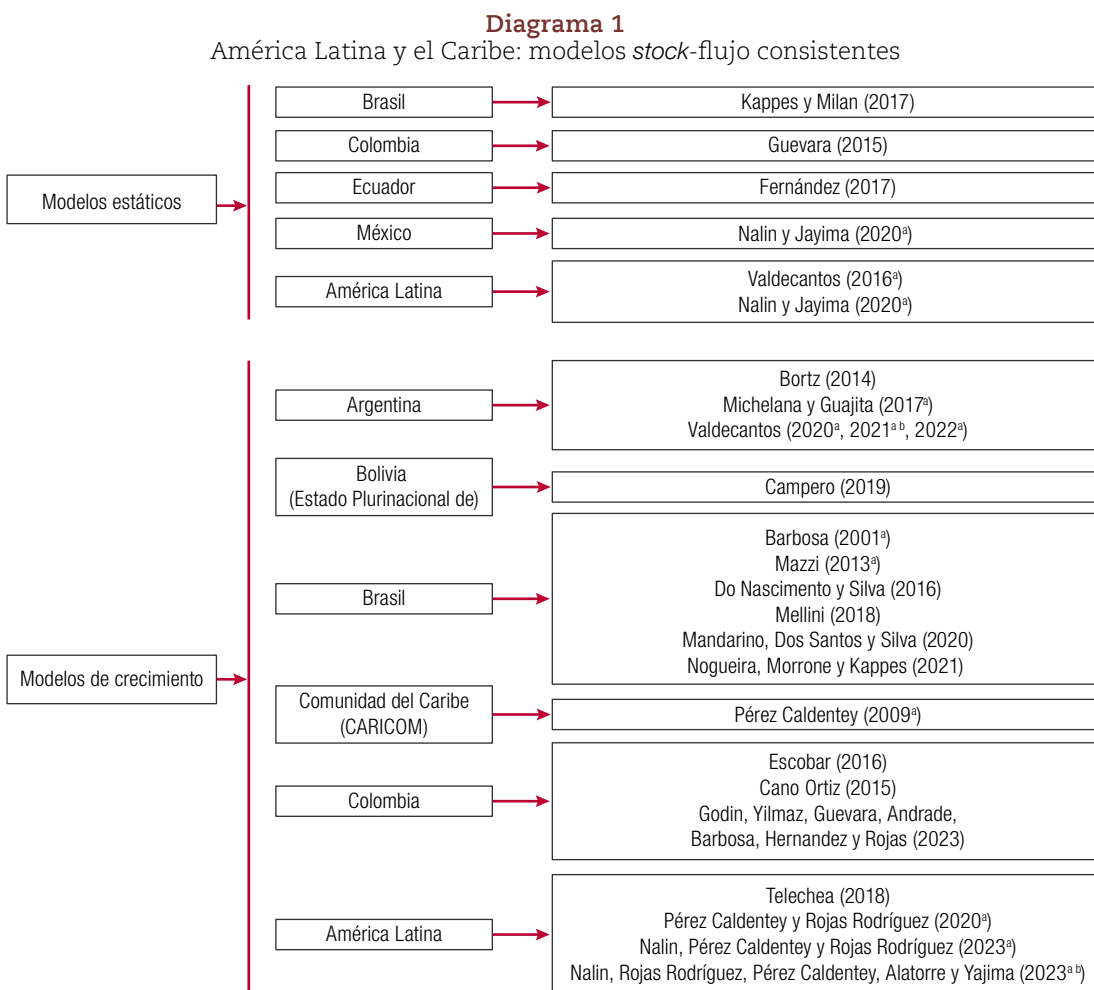
<sup>4</sup> Entre los principios básicos de los modelos *stock*-flujo se encuentran los siguientes: i) consistencia de los flujos: todo flujo se origina en algún sitio y se dirige a algún sitio; ii) consistencia de los *stocks*: los pasivos de un sector son los activos de otro; iii) consistencia entre los *stocks* y los flujos: los *stocks* del final de un período son la acumulación de los flujos y las ganancias de capital, y iv) cada transacción se registra por partida cuádruple (Zezza, 2017).

<sup>5</sup> Véase Taylor (2008).

<sup>6</sup> Véase Godley (2012). En la economía neoclásica, los planes de consumo o producción de los agentes se concilian en una situación de equilibrio gracias a la versión antropomórfica de la mano invisible, el subastador. El comercio no se produce en desequilibrio. Obviamente, el sistema financiero responde a la demanda de préstamos siempre que estos tengan garantía, por lo que siempre habrá una franja de prestatarios insatisfechos.

Las filas de las matrices representan las transacciones monetarias entre los agentes en relación con cada producto, servicio o activo considerado en el modelo: si en la fila hay un signo negativo, este representa el origen de un gasto, si hay un signo positivo, el destino. En consecuencia, como señala Godley (1999, pág. 394), todo flujo proviene de algún sitio y se dirige a algún sitio. Para que el marco macroeconómico sea consistente, el total de cada fila debe ser igual a cero. Las columnas están definidas por los sectores o agentes considerados en el modelo y representan su restricción presupuestaria, por lo que su total también debe ser igual a cero. La contrapartida de la restricción presupuestaria de cada sector es que se producen cambios en los *stocks* de activos y pasivos, que aparecen como cambios en el balance de los agentes.

Este documento se centra en economías pequeñas que se ejemplifican con casos de países centroamericanos<sup>7</sup>. El análisis complementa la literatura existente sobre modelos *stock*-flujo de América Latina y el Caribe, que se ha centrado principalmente en las economías más grandes de la región (véase el diagrama 1)<sup>8</sup>.



**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de S. A. Kappes y M. Milan, "Fiscal policy rules in a *stock*-flow consistent model", *Brazilian Keynesian Review*, vol. 3, N° 2, enero de 2017; D. A. Guevara Castañeda, "Auge de las finanzas y desigualdad en la distribución del ingreso: un estudio desde la perspectiva de la financiarización para Colombia 1980-2008", tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia, 2015; J. Fernández, "Elementos de análisis para la sostenibilidad de una economía dolarizada", *Revista Economía*, vol. 69, N° 109, mayo de 2017; L. Nalin y G. T. Yajima, "Balance sheet effects

<sup>7</sup> En el presente análisis se considera la República Dominicana como parte de Centroamérica.

<sup>8</sup> Véase una descripción más completa de esos modelos en el anexo A1.

of a currency devaluation: a stock-flow consistent framework for Mexico”, *Working Paper*, N° 980, Levy Economics Institute, 2020; S. Valdecantos, “Estructura productiva y vulnerabilidad externa: un modelo estructuralista stock-flujo consistente”, *serie Estudios y Perspectivas-Oficina de la CEPAL en Buenos Aires*, N° 46 (LC/L.4171-LC/BUE/L.225), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2016; G. Bortz, “Foreign debt, distribution, inflation and growth in a SFC model”, *European Journal of Economics and Economic Policies: Intervention*, vol. 11, N° 3, diciembre de 2014; G. Michelena y N. Guaita, “Modelo de stock-flujo consistente para el análisis macroeconómico (SFARG)”, *Documento de Trabajo*, Ministerio de Producción de la Argentina, 2017; S. Valdecantos, “Argentina’s (macroeconomic?) trap”, *Working Paper*, N° 975, Levy Economics Institute, 2020; S. Valdecantos, “Grasping Argentina’s green transition: insights from a stock-flow consistent input-output model”, *Working Paper Series*, N° 4, Macroeconomic Methodology, Theory and Economic Policy (MaMTEP), Aalborg University Business School, 2021; S. Valdecantos, “Endogenous exchange rates in empirical stock-flow consistent models for peripheral economies: an illustration from the case of Argentina”, *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 45, N° 4, agosto de 2022; S. Campero Encinas, “Modelo stock flow consistent (SFC) aplicado al caso del sector de los hidrocarburos en Bolivia”, tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales en el Ecuador (FLACSO Ecuador), 2019; N. H. Barbosa, “International liquidity and growth in Brazil”, *CEPA Working Paper*, N° 2001.4, Nueva York, Centro de Análisis de Políticas Económicas (CEPA), 2001; C. T. Mazzi, “Um modelo stock-flow consistent (SFC) com crescimento restrito pelo balanço de pagamentos”, tesis de maestría, Universidad de Campinas (UNICAMP), 2013; F. Do Nascimento y A. C. M. Silva, “Financeirização e crescimento: alguns experimentos stock-flow consistent”, *Anais do XLII Encontro Nacional de Economia*, Asociación Nacional de los Centros de Posgrado en Economía (ANPEC), 2016; A. Mellini, “Política fiscal, equilibrio externo e déficits gêmeos em um modelo stock-flow consistent póskeynesiano com economia aberta”, tesis de maestría, Universidad Federal de Uberlândia, 2018; G. V. Mandarino, C. H. Dos Santos y A. C. M. Silva, “Workers’ debt-financed consumption: a supermultiplier stock-flow consistent model”, *Review of Keynesian Economics*, vol. 8, N° 3, julio de 2020; D. Nogueira Silva, H. Morrone y S. Kappes, “Assessing pension system outcomes in Brazil: a stock-flow consistent analysis”, *Brazilian Keynesian Review*, vol. 7, N° 2, 2021; E. Pérez Caldentey, “Balance of payments constrained growth within a consistent stock-flow framework: an application to the economies of CARICOM”, *Caribbean Development Report. Volume I*, Documentos de Proyectos (LC/W.249), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2009; A. Escobar, “Stock-flow consistent models for developing countries: the case of Colombia”, documento presentado en la XIX Conferencia Anual sobre Análisis Económico Global, Washington, D.C., Banco Mundial, 2016; D. Cano Ortiz, “Regla fiscal y choques externos en Colombia: un modelo de consistencia stock-flujo”, tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2015; A. Godin y otros, “Can Colombia cope with a global low carbon transition?”, *Research Papers*, N° 285, París, Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), 2023; J. M. Telechea, “¿Cuál es el esquema macroeconómico adecuado para los países latinoamericanos?: una aproximación a partir de un modelo Stock Flujo Consistente”, tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), 2018; E. Pérez Caldentey y L. Rojas Rodríguez, “A stock-flow approach to investment requirements within balance-of-payments constrained growth”, *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2020/152), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020; E. Pérez Caldentey, L. Nalin y L. Rojas, “Un modelo stock-flujo de referencia para analizar las directrices y políticas de regulación macroprudencial en América Latina y el Caribe”, *Apertura financiera, fragilidad financiera y políticas para la estabilidad económica: un análisis comparativo entre regiones del mundo en desarrollo*, Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/139), E. Pérez Caldentey (ed.), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2023; L. Nalin y otros, “A stock flow ecological model from a Latin American perspective”, *Working Paper*, N° 1031, Levy Economics Institute, 2023.

**Nota:** Véase, asimismo, un modelo híbrido *stock-flujo* aplicado a la economía cubana en Lage, Romero y Villarreal (2023).

<sup>a</sup> Modelos *stock-flujo* consistentes en que se incluye la ley de Thirlwall.

<sup>b</sup> Modelos *stock-flujo* consistentes en que se incluyen variables relacionadas con fenómenos ambientales o vinculados al cambio climático.

Las relaciones lógicas y de comportamiento del modelo *stock-flujo* consistente se basan en gran medida en un conjunto de hechos estilizados que caracterizan a las economías pequeñas. Se parte de la noción de que los procesos macroeconómicos dependen de la evolución histórica de los países, así como de sus instituciones, su estructura productiva y su modalidad de inserción internacional.

Dada la importancia que los efectos relacionados con el clima tienen en los resultados de las economías pequeñas, como las de Centroamérica, en este modelo *stock-flujo* se incluye un módulo ecológico y energético basado en el trabajo de Carnevali y otros (2021) y de Dafermos, Nikolaidi y Galanis (2017). Los desastres naturales conducen a la destrucción de capital y de capacidad productiva, a la divergencia económica que tiene efectos negativos persistentes en el tiempo y al aumento de la deuda. Las economías más vulnerables a los desastres recurrentes pueden entrar en un círculo vicioso en que a la larga convergen hacia niveles más bajos de crecimiento económico y hacia la pobreza<sup>9</sup>. En los tres años siguientes al momento en que se produce un desastre natural, la deuda de los países afectados por ese tipo de desastres aumenta en promedio de 2,3 a 3,6 puntos porcentuales del PIB más que la de los países que no sufren ese tipo de desastres<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Véase Rivas Valdivia (2014).

<sup>10</sup> Véase Fan y otros (2022).

En América Latina y el Caribe, los análisis basados en modelos *stock*-flujo consistentes en que se incluye la dimensión ecológica son aún incipientes. El tema solo se ha tratado en tres trabajos (Godin y otros, 2023, Nalin y otros, 2023, y Valdecantos, 2021).

### III. Selección de hechos estilizados clave de las economías pequeñas de América Latina y el Caribe

Una de las principales características de las economías en desarrollo es que no emiten una moneda de reserva. Además, en este grupo de economías en general, y especialmente en el caso de las economías pequeñas, la elasticidad de las importaciones con respecto al ingreso es mayor que la de las exportaciones. Como resultado, en estas economías se enfrenta una restricción vinculante de la balanza de pagos a largo plazo que impide que el producto se expanda al máximo por el lado de la oferta. Esa restricción implica, asimismo, un exceso de capacidad, bajas tasas de acumulación y de progreso técnico, así como desempleo, subempleo e informalidad. Esta última se observa en todos los sectores económicos y es un factor central determinante de la evasión y la elusión fiscales.

Según el período y las circunstancias concretas, la restricción externa puede afectar la cuenta corriente o el lado financiero de la balanza de pagos. Tradicionalmente, las economías pequeñas presentan déficits recurrentes por cuenta corriente. También dependen en gran medida de las entradas financieras externas, es decir, de los flujos de deuda externa.

Esa situación conduce a que los resultados de los países y la evolución de su deuda queden a merced de los cambios de los factores que determinan las diferencias entre las tasas de interés, como el riesgo país. Dado que existe una relación causal entre el riesgo soberano y el riesgo del sector empresarial no financiero, la modificación del primero también eleva el costo del endeudamiento para el sector empresarial no financiero público y privado, lo que endurece la restricción financiera de ambos sectores, al tiempo que repercute negativamente en la formación bruta de capital fijo y, por tanto, en la capacidad de obtener ingresos. La calificación crediticia soberana de la mayoría de los países centroamericanos se considera especulativa o muy especulativa.

Una de las principales consecuencias de las restricciones externas vinculantes es que, dada una relación determinada entre la elasticidad de las exportaciones y la elasticidad de las importaciones con respecto al ingreso, la tasa interna de crecimiento a largo plazo del PIB de un país viene dada por la tasa de crecimiento de su socio económico bilateral más importante. En el caso de Centroamérica, la tasa de crecimiento del PIB de los Estados Unidos es la mejor aproximación a la del resto del mundo.

Además, el ciclo económico de la mayoría de los países de Centroamérica sigue de cerca el de los Estados Unidos. Los coeficientes de correlación entre la tasa de crecimiento del PIB de los países centroamericanos y la de los Estados Unidos son estadísticamente significativos, salvo en los casos de Nicaragua y Panamá. Cuando, en lugar del PIB, se utiliza el ingreso nacional bruto disponible real como medida de la actividad económica de los países de Centroamérica, todos los coeficientes de correlación, sin excepción, son estadísticamente significativos (véase el cuadro 1)<sup>11</sup>. Más adelante se explican los motivos por los que se utiliza ese ingreso.

<sup>11</sup> En el caso de los Estados Unidos, utilizar el PIB o el ingreso nacional bruto disponible real apenas influye en el análisis, ya que el factor neto de los pagos al resto del mundo ( $NPRW_t$ ), las transferencias corrientes ( $CT_t$ ) y el efecto de los términos de intercambio ( $TTE_t$ ) no tiene ninguna incidencia significativa en los resultados de la economía.

**Cuadro 1**

Centroamérica (7 países): coeficiente de correlación entre la tasa de variación del producto interno bruto y del ingreso nacional bruto disponible real de los países y la tasa de variación del producto interno bruto real de los Estados Unidos, 1961-2022

País	Producto interno bruto, 1961-2022	Ingreso nacional bruto disponible real, 1991-2021
Costa Rica	0,61**	0,37**
El Salvador	0,51**	0,55**
Guatemala	0,39**	0,25*
Honduras	0,67**	0,61**
Nicaragua	0,13	0,25*
Panamá	0,15	0,30**
República Dominicana	0,19*	0,59**

**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de Banco Mundial, "Indicadores del desarrollo mundial", 2024 [base de datos en línea] <https://databank.bancomundial.org/reports.aspx?source=world-development-indicators> y datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

**Nota:** La significación estadística del coeficiente de correlación se determinó mediante la fórmula  $\rho = \frac{r(\sqrt{n-2})}{\sqrt{1-r^2}}$ , donde  $r$  es el coeficiente de correlación simple y  $n$  es el número de observaciones.  $\rho$  sigue una distribución  $t$  de Student con  $n-2$  grados de libertad. Los símbolos \*\* y \* indican significación estadística en el nivel del 5% y el 1%, respectivamente.

La inserción externa de los países centroamericanos está impulsada en parte por la exportación de mano de obra a los Estados Unidos, que tiene su contrapartida en la entrada de remesas. En 2022, las remesas representaron el 24%, el 19%, el 27%, el 21% y el 9% del PIB en los casos de El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y la República Dominicana, respectivamente.

La importancia de las remesas parece indicar que los análisis de los resultados económicos y de la deuda basados en el PIB se deberían complementar con análisis realizados sobre la base del ingreso nacional bruto disponible real<sup>12</sup>. Ese ingreso ( $RGDNI_t$ ) es igual a la suma del producto interno bruto ( $GDP_t$ ), el factor neto de los pagos al resto del mundo ( $NPRW_t$ ), las transferencias corrientes ( $CT_t$ ) y el efecto de los términos de intercambio ( $TTE_t$ )<sup>13</sup>. Formalmente,

$$RGDNI_t = GDP_t + NPRW_t + CT_t + TTE_t \tag{1}$$

El efecto de los términos de intercambio es igual al volumen de las exportaciones de bienes y servicios ( $X_t$ ) (o las exportaciones a precios constantes) multiplicado por la variación del índice de precios de intercambio:

$$TTE_t = X_t \frac{(P_x - P_m)}{P_m} = X_t \left( \frac{P_x}{P_m} - 1 \right) \tag{2}^{14}$$

<sup>12</sup> Godley y Cripps (1983) hacen hincapié en la utilización del ingreso nacional bruto disponible real en las economías abiertas.

<sup>13</sup> Todos los componentes del ingreso nacional bruto disponible real se expresan en términos reales.

<sup>14</sup> El efecto de los términos de intercambio puede obtenerse de la siguiente manera:

$$TTE = \left( \frac{X-M}{P} \right) - \left( \frac{X}{p_x} - \frac{M}{p_m} \right) \tag{4}$$

Donde:

$X$  = valor de las exportaciones de bienes y servicios

$M$  = valor de las importaciones de bienes y servicios

$P$  = deflactor de precios

$p_x$  = índice de precios de las exportaciones con base igual a 1

$p_m$  = índice de precios de las importaciones con base igual a 1

$$\Leftrightarrow TTE = x \left( \frac{p_x}{P} - 1 \right) + m \left( 1 - \frac{p_m}{P} \right) \tag{5}$$

Donde:

$$x = \frac{X}{p_x}; m = \frac{M}{p_m}$$

Si se supone que el deflactor de precios es igual al precio de las importaciones,  $P = p_m$ , la ecuación (4) se simplifica de la siguiente manera:

$$TTE = x \left( \frac{p_x}{p_m} - 1 \right) \tag{6}$$

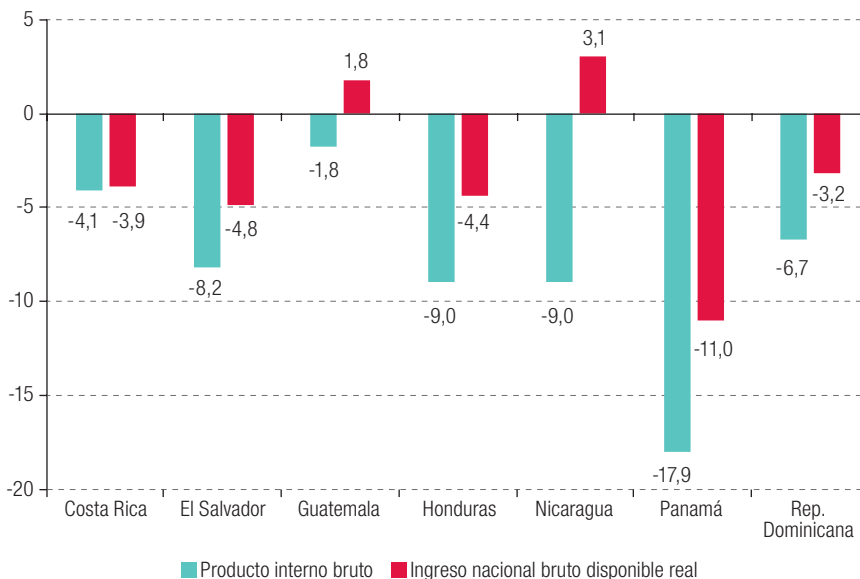
Donde  $P_x$ ,  $P_m$  índices de precios unitarios de las exportaciones y las importaciones. Al sustituir la ecuación (2) en la ecuación (1) se obtiene lo siguiente:

$$RGNDI_t = GDP_t + NPRW_t + CT_c + X_t \left( \frac{P_x}{P_m} - 1 \right) \quad (3)$$

Según la ecuación (3), si los demás factores se mantienen constantes, una mejora de los términos de intercambio  $\left( \Delta \frac{P_x}{P_m} \right)$  se traduce en un aumento del ingreso nacional bruto disponible real. A partir de la ecuación (3), la diferencia entre ese ingreso ( $RGNDI_t$ ) y el producto interno bruto ( $GDP_t$ ) se puede descomponer en los pagos netos de los factores al resto del mundo ( $NPRW_t$ ), transferencias corrientes ( $CT_t$ ) y el efecto de los términos de intercambio ( $TTE_t$ ).

La importancia de incluir el ingreso nacional bruto disponible real en el análisis se pone de manifiesto cuando, para determinar el efecto que la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID19) tuvo en la tasa de crecimiento de las economías de Centroamérica en 2020, se utiliza el ingreso nacional bruto disponible real o el PIB, y se comparan los resultados. En todos los casos, utilizar el PIB da como resultado un impacto económico exagerado del COVID19, porque no se toma en cuenta el papel anticíclico de las remesas (véase el gráfico 1). Entre 2019 y 2020, las entradas de remesas aumentaron en todos los países del subconjunto considerado en el estudio, excepto en Costa Rica, y es en este último donde se registra la menor diferencia entre el efecto del COVID19 medido según el PIB y el medido según el ingreso nacional bruto disponible real.

**Gráfico 1**  
Centroamérica (7 países): tasa de crecimiento del producto interno bruto  
y del ingreso nacional bruto disponible real, 2020  
(En porcentajes)



**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Las ventajas de utilizar el ingreso nacional bruto disponible real como complemento del PIB o como sustituto de este para medir los resultados económicos también se constatan cuando ese ingreso se utiliza para normalizar los principales indicadores macroeconómicos que tradicionalmente se emplean al evaluar el grado de desequilibrio o sostenibilidad de la economía. Entre esos indicadores se encuentran el déficit fiscal, los déficits por cuenta y la deuda en relación con métricas del producto o el ingreso (véase el cuadro 2).

**Cuadro 2**  
Centroamérica (7 países): indicadores macroeconómicos seleccionados, 1990-2021

País	1990-2000	2000-2010	2010-2021
<b>Tasa de crecimiento del PIB real</b>			
Costa Rica	4,8	4,4	3,5
El Salvador	3,5	1,6	2,4
Guatemala	4,0	3,4	3,5
Honduras	3,2	4,4	3,4
Nicaragua	3,1	3,1	3,6
Panamá	5,5	5,6	5,5
República Dominicana	5,0	4,7	5,1
<b>Tasa de crecimiento del ingreso nacional bruto disponible real</b>			
Costa Rica	4,7	4,3	3,2
El Salvador	4,1	1,3	2,2
Guatemala	4,8	4,0	4,3
Honduras	4,0	4,0	3,8
Nicaragua	3,9	3,0	4,1
Panamá	4,5	4,8	4,8
República Dominicana	6,8	4,5	5,4
<b>Cuenta corriente como porcentaje del PIB</b>			
Costa Rica	-4,3	-4,5	-3,3
El Salvador	-2,5	-4,3	-3,4
Guatemala	-5,1	-4,5	-0,4
Honduras	-4,8	-6,5	-4,9
Nicaragua	-17,6	-13,5	-6,2
Panamá	-3,6	-4,8	-7,6
República Dominicana	-2,4	-2,9	-3,3
<b>Cuenta corriente como porcentaje del ingreso nacional bruto disponible real</b>			
Costa Rica	-4,2	-4,6	-3,4
El Salvador	-2,2	-3,7	-2,9
Guatemala	-4,8	-4,1	-0,4
Honduras	-4,8	-5,8	-4,4
Nicaragua	-17,9	-12,5	-5,7
Panamá	-3,3	-4,8	-8,4
República Dominicana	-2,3	-2,8	-3,2
<b>Volumen de deuda pública como porcentaje del PIB</b>			
Costa Rica	37,9	29,6	39,2
El Salvador	34,6	57,2	66,5
Guatemala	28,0	31,9	33,0
Honduras	96,4	49,5	35,7
Nicaragua	222,4	90,6	94,1
Panamá	70,3	86,3	147,8
República Dominicana	29,1	24,4	37,6
<b>Volumen de deuda pública como porcentaje del ingreso nacional bruto disponible real</b>			
Costa Rica	37,5	30,2	40,4
El Salvador	31,1	49,7	57,6
Guatemala	26,4	28,5	29,8
Honduras	95,8	44,8	31,4
Nicaragua	228,3	84,2	86,5
Panamá	65,5	85,7	166,8
República Dominicana	28,3	23,6	36,3

**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de Banco Mundial, "Indicadores del desarrollo mundial", 2024 [base de datos en línea] <https://databank.bancomundial.org/reports.aspx?source=world-development-indicators> y datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

**Nota:** Las cifras en negrita destacan los diferentes resultados que se obtienen al utilizar el PIB y el ingreso nacional bruto disponible real para evaluar los resultados económicos.

Además de desempeñar un papel anticíclico y amortiguar así el impacto de las perturbaciones externas en la economía nacional, las remesas son fundamentales para mantener la estabilidad del tipo de cambio nominal. Por lo general, los receptores de remesas cambian dólares por moneda nacional a través del sistema bancario nacional. A su vez, el sistema bancario debe ceder una parte significativa de sus tenencias de moneda extranjera al banco central, lo que permite a este último reforzar sus reservas internacionales e intervenir, en caso necesario, en el mercado de divisas<sup>15</sup>.

En las economías pequeñas, como las de Centroamérica, el tipo de cambio nominal desempeña el papel de ancla nominal, al tiempo que la estabilidad del tipo de cambio es fundamental para evitar aumentos no deseados de la deuda externa del gobierno central y de los pagos del servicio de la deuda, que podrían limitar la capacidad de dicho gobierno para suministrar bienes públicos. Mantener la estabilidad del tipo de cambio también contribuye a preservar la estabilidad financiera del sector empresarial no financiero.

## IV. Descripción del modelo stock-flujo consistente

El modelo *stock*-flujo consistente abarca cinco sectores institucionales, a saber: i) el sector privado, integrado por los consumidores y las empresas; ii) el sector financiero; iii) el gobierno; iv) el banco central, y v) el resto del mundo. Los cinco sectores negocian con siete activos financieros: i) deuda pública emitida en moneda nacional y extranjera; ii) deuda privada emitida en moneda nacional; iii) deuda emitida por el resto del mundo; iv) préstamos de los bancos al sector privado para inversión y crédito al consumo; v) depósitos públicos y privados; vi) préstamos del resto del mundo al sector financiero nacional, y vii) efectivo.

Las transacciones entre los cinco sectores institucionales con sus respectivos instrumentos se recogen en la matriz de flujos de transacciones (véase el cuadro 3). Como se explica en la sección II, todas las filas (los flujos monetarios por categorías de gasto) y las columnas (restricción presupuestaria más fuentes de ahorro o desahorro) deben sumar cero. El signo menos indica el uso de los fondos y el signo más, el origen de estos. Los principales supuestos y relaciones de comportamiento de cada uno de los cinco sectores se describen en el resto de la presente sección.

**Cuadro 3**  
Matrices de transacciones y balance

	Producción	Sector privado		Sector financiero		Sector público		Banco central		Resto del mundo	$\Sigma$
		Corriente	Capital	Corriente	Capital	Corriente	Capital	Corriente	Capital		
Consumo	$+C_d$	$-C_d$									0
[Costo salarial]	$[-WB]$	$[+WB]$									
Inversión	$+I^k$		$-I^k$								0
[Impuestos]		$[-T_p]$		$[-T_f]$		$[+T]$					
Gasto público	$+G_d$					$-G_d$					0
Importaciones	$-IM$									$+IM$	0
Exportaciones	$+X$									$-X$	0
[Producto interno bruto]	$[-Y]$	$[+Y]$									$[Y]$

<sup>15</sup> El porcentaje de moneda extranjera que los bancos deben entregar al banco central puede alcanzar el 50% o más de sus tenencias totales de moneda extranjera.

Producción	Sector privado		Sector financiero		Sector público		Banco central		Resto del mundo	Σ
	Corriente	Capital	Corriente	Capital	Corriente	Capital	Corriente	Capital		
Intereses de										
Bonos del Estado (moneda nacional)	$+int_p^g$		$+int_{fs}^g$		$-int^g$		$+int_{bc}^g$		$+int_{row}^g$	0
Bonos del Estado (moneda extranjera)	$+int_p^{sg}$		$+int_{fs}^{sg}$		$-int^{sg}$				$+int_{row}^{sg}$	0
Deuda privada	$-int^p$		$+int_{fs}^p$		$+int_g^p$				$+int_{row}^p$	0
Deuda privada en moneda extranjera	$-int^sp$								$+int_{row}^sp$	0
Bonos del resto del mundo	$+int_p^{row}$		$+int_{fs}^{row}$				$+int_{bc}^{row}$		$-int^{row}$	0
Depósitos públicos					$+int_{mm_g}^{cb}$		$-int_{mm_g}^{cb}$			0
Depósitos privados	$+int_{mm_p}^{fs}$		$-int_{mm_p}^{fs}$							0
Crédito al consumo	$-intc^p$		$+intc_{fs}^p$							0
Anticipos			$-int^{afs}$				$+int_{cb}^{afs}$			0
Préstamos	$-int^p$		$+int^p$							0
Préstamos (moneda extranjera)			$-int^{sifs}$						$+int^{sifs}$	0
Beneficios financieros (dividendos)	$+F-fr-fdc$				$+FB_g^{bc}$		$-FB^{bc}$			0
Remesas	$+rem$								$-rem$	
[Ingreso nacional bruto]	$[GNI]$		$[GNI_{fs}]$		$[GNI_g]$				$[GNI]$	
Impuestos	$-T$		$-T$		$+T$					0
Capital	$+K$								$-K$	
Existencias	$+IN$								$-IN$	
Bonos del Estado (moneda nacional)		$-B_p^g$		$-B_{fs}^g$		$+B^g$		$-B_{bc}^g$	$-B_{row}^g$	0
Bonos del Estado (moneda extranjera)		$-B_p^{sg}$		$-B_{fs}^{sg}$		$+B^{sg}$			$-B_{row}^{sg}$	0
Deuda privada		$+D^p$		$-D_{fs}^p$		$-D_g^p$			$-D_{ro}^p$	0
Deuda privada en moneda extranjera		$+D^s$							$-D_{row}^s$	0
Bonos del resto del mundo		$-B_p^{row}$		$-B_{fs}^{row}$				$-B_{bc}^{row}$	$B^{row}$	0
Depósitos públicos						$-M^g$		$+M^g$		0
Crédito al consumo		$+Cc$		$-Cc$						0
Anticipos				$+A^{fs}$				$-A^{fs}$		0
Préstamos		$+L_p^{fs}$		$-L_p^{fs}$						0
Préstamos (moneda extranjera)				$+L_{fs}^{row}$					$-L_{fs}^{row}$	0
Depósitos privados		$-M^p$		$+M^p$						0
Base monetaria		$+H^p$		$+H^{fs}$				$-H^{bc}$		0
Σ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

## 1. Los hogares

La actividad económica de los hogares se circunscribe al consumo, que depende de tres factores. El primer factor es el consumo pasado, que implica que el gasto de los consumidores se debe en parte a la inercia. El segundo es la diferencia entre el ingreso disponible efectivo y el esperado: los consumidores ajustan sus gastos a la diferencia entre ambos. El tercer factor es la riqueza.

Como se explicó en la primera sección, la función de consumo se puede modelizar como una función de acumulación de riqueza, lo que implica que los hogares tienen un nivel de riqueza deseado

igual a  $V^T = \alpha_4 yd^{h,*}$ , donde  $\alpha_4 = \frac{1-\alpha_{1c}-\alpha_{2c}}{\alpha_2}$ <sup>16</sup>.  $\alpha_4$  es la norma que rige los *stocks* y los flujos de los hogares en nuestro modelo. El nivel de riqueza deseado es una función de la diferencia entre el ingreso disponible previsto y el efectivo.

El ingreso disponible depende de los salarios, el pago de intereses (se supone que los depósitos son el único activo en manos de los hogares) y las remesas. Los hogares no realizan actividades de arbitraje, y la tasa de interés que se aplica al crédito o a los depósitos no incide directamente en la determinación del consumo real. Los hogares solicitan crédito para financiar el consumo cuando este supera el ingreso disponible (véase el cuadro 4).

**Cuadro 4**  
Principales ecuaciones del sector de los hogares

Función	Definición	
Consumo real	$c = \alpha_{1c}c_{-1} + \alpha_{2c}c_{-1} * \left(1 + \alpha_{3c} \frac{(yd_{t-1}^e - yd_{t-1}^h)}{yd_{t-1}^h}\right) + \alpha_2 v_{-1} + \alpha_2 \text{Dummy}$	(7)
Ingreso disponible	$yd^h = WB + Fd_c + intfs_{mm} + rem$	(8)
Riqueza	$v = mm - cc$	(9)

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:**  $c$  = consumo;  $yd^e$ ,  $yd^h$  = ingreso disponible previsto y efectivo;  $WB$  = costo salarial;  $Fd_c$  = beneficios que las empresas distribuyen a los consumidores;  $intfs_{mm}$  = intereses que el sector financiero paga a los hogares;  $rem$  = remesas;  $mm$  = *stock* de depósitos en posesión de los hogares;  $cc$  = crédito al consumo.

La riqueza no solo es un factor determinante del consumo, sino también un canal importante por el cual se transmite el efecto que el cambio climático produce en la economía (véanse las ecuaciones (10) y (13)). Los hogares pueden perder riqueza neta directamente cuando su capital físico sufre daños como consecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, y también pueden perder riqueza neta cuando cae el precio de los activos financieros vinculados a sectores cuyo rendimiento disminuye debido al calentamiento global (como la agricultura) o cuando este procede de actividades que quedan varadas debido a las políticas de transición.

En el presente modelo, la pérdida de riqueza de los hogares provoca un choque de la demanda en el consumo, ya que los agentes tienden a reducir este último para compensar la pérdida de riqueza. El menor consumo provoca una disminución de los ingresos de las empresas, lo que agrava los daños físicos que el daño climático causa a su capacidad productiva.

## 2. Las empresas

La producción total de la economía viene determinada por las actividades de las empresas. Las ecuaciones que describen el comportamiento de estas se clasifican en cuatro grandes categorías que se refieren a lo siguiente: i) el producto real, ii) las decisiones sobre los costos, iii) las decisiones sobre los precios, y iv) las relaciones financieras de la empresa (véase el cuadro 5).

El producto real (la producción efectiva de cada año) se define en función de las ventas previstas más un ajuste entre el *stock* de existencias deseado y el *stock* de existencias heredado del final del período anterior. El *stock* de existencias deseado depende del nivel de ventas previsto. A su vez, este último viene determinado por el nivel anterior de ventas ajustado según el crecimiento del PIB del resto del mundo.

El consumo, la inversión privada, el gasto público y el comercio con el resto del mundo determinan el nivel de ventas de las empresas. A su vez, las expectativas de las empresas respecto a las ventas dependen del nivel de ventas anterior ajustado según el crecimiento del PIB mundial.

<sup>16</sup> El nivel deseado de riqueza se define de esta manera en el estado estacionario, siempre que el ingreso disponible esperado sea igual al ingreso efectivo. En aras de la simplicidad, también se supone que la variable ficticia ambiental es cero.

**Cuadro 5**  
Principales ecuaciones de las empresas

Función	Definición	
Producción total	$y = (1 - (D^y + \vartheta_y \cdot dummy)) \cdot (s^e + (in^T - in_{-1}))$	(10)
Existencias deseadas	$in^T = \gamma \cdot s^e$	(11)
Ventas previstas	$s^e = \beta \cdot s_{-1} + (1 - \beta) \cdot \Delta Y_{row}$	(12)
Función de inversión	$i = ((dp + D^k + A) \cdot k_{-1}) \cdot p_d + i_{-1} \cdot ic$	(13)

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:**  $y$  = producción;  $s^e$  = ventas previstas;  $in^T$  = existencias deseadas;  $in_{-1}$  = existencias reales;  $Y_{row}$  = PIB del resto del mundo;  $i$  = inversión real;  $p$  = nivel de precios;  $D^k$  = efecto de la función de daño en el stock de capital;  $A$  = anticipos del banco central al sector privado;  $p_d$  = índice de precios de las ventas internas;  $ic$  = índice de confianza.

Como el sistema no funciona en una situación de pleno empleo, en cada período el sector productivo acumula un nivel deseado de existencias. Las ventas previstas y la desviación respecto del nivel deseado de existencias determinan el nivel de producción. El consumo del sector privado se determina en función del ingreso disponible previsto del sector y de la riqueza de los hogares. El primero es una proporción del ingreso disponible de los hogares, que, a su vez, se define como la suma de los salarios y los beneficios que las empresas distribuyen a los hogares. Los beneficios de los hogares determinan el nivel de consumo, la demanda de dinero y la demanda de activos financieros.

Los beneficios de las empresas son fundamentales para determinar el nivel de inversión y de emisión de deuda empresarial. Una parte de los beneficios netos de las empresas se retiene para invertir en capital físico. Si los beneficios no distribuidos superan la inversión, el excedente se utiliza para adquirir activos financieros. Además, parte de los beneficios que no se retienen se destina al consumo. Una importante contribución del modelo es la incorporación del papel que las expectativas desempeñan en las decisiones de inversión. En cada período, los flujos de inversión varían según cómo evolucione la depreciación del capital y el comportamiento del índice de confianza para la inversión.

Las perspectivas de rendimiento futuro, junto con las tasas de crecimiento de la economía nacional y las economías extranjeras, son los factores que determinan el índice de confianza para la inversión. Las expectativas relativas a los beneficios dependen de dos elementos: el rendimiento de la inversión y una prima de riesgo empresarial (el índice de bonos corporativos de mercados emergentes o CEMBI). El impacto que las expectativas relativas a los beneficios, la tasa de crecimiento nacional y la tasa de crecimiento del resto del mundo tienen en el índice de confianza para la inversión depende de sensibilidades específicas, de una función no lineal de la relación entre el apalancamiento y el producto de las empresas, y del crecimiento del país y del resto del mundo. Si el nivel de inversión supera los beneficios retenidos para invertir, las empresas emiten deuda: una parte de ella se emite en moneda nacional, y el resto en moneda extranjera. La deuda en moneda nacional puede adoptar la forma de préstamos o de bonos corporativos.

### 3. El gobierno

En este modelo, cuando se menciona el gobierno se hace referencia al gobierno central. El gobierno genera gasto público, pero solo a través de compras directas a las empresas. No hay transferencias a los hogares, y el efectivo no se mantiene como activo en la economía. El gobierno emite letras para financiar sus déficits y compra bonos extranjeros (equivalentes a activos internacionales de reserva) para invertir sus excedentes.

Las ecuaciones más importantes del sector público describen las tendencias del déficit de ese sector (véase el cuadro 6), que viene determinado por la diferencia entre sus gastos (el gasto público y el pago de intereses correspondientes a letras emitidas en el período anterior) y sus ingresos (los

impuestos y el rendimiento de los activos extranjeros). La emisión de bonos viene determinada por el *stock* de bonos del Estado más la variación del déficit, si es superior a cero. La compra de bonos externos, a su vez, depende de que el déficit público sea inferior a cero (es decir, de que haya un excedente).

**Cuadro 6**  
Principales ecuaciones del sector público

Función	Definición	
Restricción presupuestaria del sector público	$PSBR = G - T - int_B^g - int_{Bfx}^g + int_{dg}^p + int_{Bg}^{row} + - FB^{bc}$	(14)
Oferta de deuda pública (moneda nacional)	$\Delta B = \zeta \cdot PSBR$	(15)
Oferta de deuda pública (moneda extranjera)	$\Delta B^s = (1 - \zeta) \cdot PSBR$	(16)

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:**  $PSBR$  = necesidades de financiamiento del sector público;  $G$  = gasto del sector público;  $T$  = impuestos;  $int_B^g$  = intereses que el gobierno paga al resto del mundo;  $int_{Bfx}^g$  = intereses que el gobierno paga al resto del mundo en moneda nacional por la emisión de bonos;  $int_{dg}^p$  = intereses que el sector privado paga por los depósitos del gobierno;  $int_{Bg}^{row}$  = intereses que el resto del mundo pagó al gobierno por los bonos extranjeros;  $FB^{bc}$  = beneficios del banco central que no se invierten;  $B$  = bonos emitidos por el Estado.

## 4. El resto del mundo

El sector externo y, más concretamente, la sostenibilidad a largo plazo de la balanza de pagos impone, también a largo plazo, una restricción vinculante a la tasa de crecimiento nacional (véase el cuadro 7). De conformidad con la literatura sobre el crecimiento limitado por la balanza de pagos, se define la ecuación de las exportaciones y la de las importaciones como funciones de la tasa de crecimiento del ingreso del resto del mundo y la tasa de crecimiento del ingreso nacional, el tipo de cambio real y los términos de intercambio. En su expresión más simple, el crecimiento limitado por la balanza de pagos se pone de manifiesto en la Ley de Thirlwall, en la que se establece que la tasa de crecimiento de una economía viene dada por la tasa de crecimiento de la economía mundial y la relación entre la elasticidad de la demanda de exportaciones respecto del ingreso y la elasticidad de la demanda de importaciones respecto del ingreso en la economía nacional en cuestión<sup>17</sup>.

**Cuadro 7**  
Principales ecuaciones del resto del mundo

Función	Definición	
Crecimiento de las exportaciones	$\Delta x = \eta_0 \cdot Y_{row}^{\eta_1} \cdot (TOT)^{\eta_2}$	(17)
Crecimiento de las importaciones	$\Delta_m = \eta_3 \cdot \frac{Y^{\eta_4}}{(TOT)^{\eta_5}}$	(18)
Cuenta corriente de la balanza de pagos	$FCAB = X - M - int_{Brow}^g - int_{BFXrow}^g - int_{drow}^p - int_{dFXrow}^p + int_B^{row} + rem$	(19)
Cuenta de capital de la balanza de pagos	$KAB = \Delta B_{row} + \Delta B_{row}^s + \Delta D_{row} + \Delta D_{row}^s - \Delta B^{row}$	(20)

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:**  $x$  = nivel de exportaciones en términos reales;  $Y_{row}^{\eta_1}$  = nivel del PIB real del resto del mundo;  $TOT$  = términos de intercambio;  $m$  = nivel de importaciones en términos reales;  $Y^{\eta_4}$  = nivel de PIB real interno;  $FCAB$  = cuenta corriente de la balanza de pagos;  $X$  = nivel de exportaciones en términos nominales;  $M$  = nivel de importaciones en términos nominales;  $int_{Brow}^g$  = intereses que el gobierno paga al resto del mundo;  $int_{BFXrow}^g$  = intereses que el gobierno paga en relación con los bonos emitidos en moneda extranjera;  $int_{drow}^p$  = intereses que el sector privado paga al resto del mundo por la deuda emitida en moneda nacional;  $int_{dFXrow}^p$  = intereses que el sector privado paga al resto del mundo por la deuda emitida en moneda extranjera;  $int_B^{row}$  = pago de intereses recibidos por el gobierno provenientes del resto del mundo;  $rem$  = remesas;  $KAB$  = cuenta financiera de la balanza de pagos;  $B^{row}$  = *stock* total de bonos del Estado en manos del resto del mundo (en moneda nacional);  $B_{row}^s$  = *stock* total de bonos del Estado en manos del resto del mundo (en moneda extranjera);  $B_{row}$  = *stock* de bonos emitidos por el resto del mundo;  $D_{row}$  = demanda de deuda privada (en moneda nacional) por parte del resto del mundo;  $D_{row}^s$  = demanda de deuda privada (en moneda extranjera) por parte del resto del mundo.

<sup>17</sup> En una expresión más sencilla, la tasa de crecimiento a largo plazo de una economía compatible con una posición sostenible de la balanza de pagos viene dada por la relación entre la tasa de crecimiento de las exportaciones de esa economía y la elasticidad respecto del ingreso.

A corto plazo, los movimientos de la cuenta financiera de la balanza de pagos afectan la tasa de crecimiento. Las entradas financieras mundiales equivalen a la suma de los bonos del Estado y de los bonos privados adquiridos por el resto del mundo. La demanda de bonos del Estado emitidos en moneda nacional depende del crecimiento del PIB mundial, de las diferencias entre los intereses y de las expectativas relativas al tipo de cambio. La demanda de bonos del Estado emitidos en moneda extranjera viene determinada por las diferencias entre las tasas de interés. En el modelo se postula que la oferta de flujos financieros siempre coincide con la demanda y que la tasa de interés internacional es exógena, al igual que la tasa de crecimiento económico mundial.

## 5. El sector financiero

La principal función del sector financiero es ofrecer préstamos al sector privado. En primer lugar, proporciona crédito al consumo cuando el gasto en sueldos asociado a los hogares es inferior a lo que estos consumen. En segundo lugar, otorga préstamos para financiar inversiones del sector privado. En este caso, la demanda de préstamos depende de los beneficios y los gastos de capital. Para simplificar, se supone que la oferta de créditos al consumo y de préstamos del sector financiero siempre coincide con la demanda. La suma de los créditos al consumo y los préstamos corresponde al volumen total de depósitos del sector privado en el sector financiero. Los pagos de intereses recibidos por la tenencia de activos financieros y reservas extranjeras representan las entradas del sector financiero, mientras que los intereses pagados por préstamos del exterior y anticipos del banco central constituyen las salidas. La diferencia entre las entradas y las salidas determina los beneficios netos. Una parte de esos beneficios se emplea para acumular riqueza a través de activos financieros: bonos del Estado (en moneda nacional y extranjera), deuda privada (solo en moneda nacional) y deuda extranjera que se utiliza como reserva. La demanda de cada tipo de activo refleja las condiciones de arbitraje postuladas por Yilmaz y Godin (2020). El sector financiero satisface sus necesidades financieras emitiendo dos tipos de pasivos: anticipos del banco central y bonos en moneda extranjera que el resto del mundo compra. Los anticipos se calculan como proporción de las necesidades financieras del sector, que está dada por factores exógenos. El resto de las necesidades financieras se satisfacen con bonos emitidos en moneda extranjera que se venden al resto del mundo (véase el cuadro 8).

**Cuadro 8**  
Principales ecuaciones del sector financiero

Función	Definición
Beneficios del sector financiero	$f_{fs} = int_{fs}^g + int_{fs}^{sg} + int_{fs}^p + int_{fs}^{row} - int_{mm_p}^{fs} + int_{fs}^p + int_{fs}^{af} + int_{fs}^{lp} - int_{fs}^{slfs} + (CP_d - D_{CP_d}) + rem_f$ <span style="float: right;">(21)</span>
Demanda de crédito al consumo	$Cc_d^p = cons + intcp_{fs} - fdc - wb - intfs_{mm} + rem_h$ <span style="float: right;">(22)</span>
Demanda de bonos del Estado por parte del sector financiero (moneda nacional)	$\Delta B_{fs,d}^g = \epsilon_{f_1} f_a f_{fs}$ <span style="float: right;">(23)</span>
Sensibilidad de la demanda de bonos del Estado por parte del sector financiero (moneda nacional)	$\epsilon_{f_1} = \epsilon_{f_0} + \epsilon_{f_1} \left( \frac{1+i^g}{1+i^s} \right)^{G_{fs}}$ <span style="float: right;">(24)</span>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:**  $f_{fs}$  = beneficios del sector financiero;  $int_{fs}^g, int_{fs}^{sg}$  = intereses que el gobierno paga al sector financiero en moneda nacional y extranjera;  $int_{fs}^p$  = intereses que el sector privado paga al sector financiero en moneda nacional;  $int_{mm_p}^{fs}$  = intereses que el sector financiero paga por los depósitos;  $int_{fs}^p$  = intereses que se pagan al sector financiero por créditos al consumo;  $int_{fs}^{af}$  = intereses que el sector privado paga al sector financiero por anticipos;  $int_{fs}^{lp}$  = intereses que el sector privado paga al sector financiero por préstamos en moneda nacional;  $int_{fs}^{slfs}$  = intereses que el sector privado paga al sector financiero por préstamos en moneda extranjera;  $CP_d$  = pagos de capital sobre préstamos otorgados a las empresas;  $D_{CP_d}$  = impago del capital de los préstamos otorgados a las empresas;  $rem_f$  = remesas recibidas por el sector financiero;  $Cc_d^p$  = demanda de crédito al consumo;  $cons$  = demanda de consumo;  $intcp_{fs}$  = intereses pagados por créditos al consumo;  $fdc$  = beneficios distribuidos a los consumidores;  $wb$  = costo salarial;  $intfs_{mm}$  = intereses que el sector financiero paga por los depósitos de los consumidores;  $rem_h$  = remesas recibidas por los hogares;  $B_{fs,d}^g$  = demanda de bonos del Estado por parte del sector financiero;  $f_a f_{fs}$  = proporción financiera de activos comprados por el sector financiero;  $i^g$  y  $i^s$  = tasa de interés nominal del gobierno en moneda nacional y extranjera;  $\epsilon_{f_1}$  = sensibilidad de la demanda de bonos del Estado por parte del sector financiero (moneda nacional).

Las estimaciones empíricas (Hilscher y Nosbusch, 2010) indican que la relación entre la deuda y el PIB, la relación entre la deuda externa y el PIB, y las reservas y las variaciones del tipo de cambio son los principales determinantes de la prima de riesgo soberano, que en el presente se define por medio del índice de bonos de mercados emergentes (EMBI). A su vez, el riesgo empresarial depende del EMBI, del desajuste monetario —que es una preocupación creciente en la región latinoamericana (Pérez Caldentey, Favreau Negront y Méndez Lobos, 2019; Nalin y Yajima, 2021)— en la relación entre los pasivos extranjeros y los activos extranjeros, y de la relación entre los préstamos y el PIB. El tipo de cambio nominal sigue un proceso autorregresivo de primer orden, afectado por las expectativas de quienes operan con divisas —se incluyen operadores especulativos y fundamentalistas (Lavoie y Daigle 2011)—, los flujos financieros procedentes del resto del mundo, el riesgo soberano y los términos de intercambio. La tasa de interés nacional depende de la tasa internacional y del riesgo soberano (EMBI). También varía en función de la demanda y la oferta de bonos (Yilmaz y Godin, 2020). Siempre que haya un exceso de demanda, la tasa de interés disminuirá en consecuencia. La tasa de interés nominal de la deuda denominada en moneda extranjera se obtiene añadiendo una prima a la tasa de interés internacional, y esta última depende del EMBI. Las tasas nominales del sector privado sobre la deuda interna y externa funcionan de forma similar.

## 6. El banco central

El banco central se rige por una regla de Taylor aumentada: la tasa deseada de política monetaria se determina según la inflación y el grado en que el crecimiento del tipo de cambio y el producto se desvíen del nivel objetivo. La política monetaria funciona mediante la compra de bonos del Estado. El banco central demanda bonos nacionales según un nivel objetivo, que depende del comportamiento del mercado crediticio y de los tipos de cambio (véase el cuadro 9).

**Cuadro 9**  
Principales ecuaciones del banco central

Función	Definición	
Regla de Taylor	$i^{cb} = \pi_t + i_t^{cb*} + \vartheta_1 (\pi_t - \pi_t^*) + \vartheta_2 (\Delta y_t - \Delta y_t^*) + \vartheta_3 (\dot{e}_t - \dot{e}_t^*)$	(25)
Tasa de interés objetivo	$i_t^{cb*} = i^{row} + \varphi^{cb}$	(26)
Beneficios del banco central	$FB^{bcp} = int_{bc}^g + int_{bc}^{row} + int_{bc}^{gs} + int_{bc}^{afs} - int_{mmg}^{cb} + dep_{cb} + rem_{cb}$	(27)
Oferta de deuda del resto del mundo al banco central	$\Delta B_g^{row} = -CAB + WFF + B_p^{row} \cdot E - depreciation_{row}$	(28)

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:**  $i^{cb}$  = tasa de interés de la política monetaria;  $\pi_t$  = tasa de inflación;  $i_t^{cb*}$  = tasa deseada de la política monetaria;  $y_t$  = nivel del PIB real;  $y_t^*$  = nivel deseado del PIB real;  $\dot{e}_t$  = tasa de variación del tipo de cambio nominal efectivo;  $\dot{e}_t^*$  = tasa de variación del tipo de cambio nominal deseado;  $i^{row}$  = tasa de interés nominal externa;  $\varphi^{cb}$  = prima de riesgo privado;  $FB^{bcp}$  = beneficios del banco central;  $int_{bc}^g$  = intereses que el gobierno paga al banco central en moneda nacional;  $int_{bc}^{row}$  = intereses que el resto del mundo paga al gobierno en moneda nacional;  $int_{bc}^{gs}$  = intereses que el gobierno paga al banco central en moneda extranjera;  $int_{bc}^{afs}$  = intereses que el sector financiero paga al banco central por los anticipos;  $int_{mmg}^{cb}$  = intereses que el banco central paga al gobierno por los depósitos;  $dep_{cb}$  = variación del valor de los activos extranjeros del banco central;  $rem_{cb}$  = remesas del banco central;  $B_g^{row}$  = oferta de bonos del resto del mundo al gobierno;  $B_p^{row}$  = oferta de bonos del resto del mundo al sector privado;  $CAB$  = cuenta corriente de la balanza de pagos;  $WFF$  = flujos de fondos mundiales;  $E$  = nivel del tipo de cambio nominal;  $depreciation_{row}$  = depreciación de los stocks del resto del mundo debida a las fluctuaciones del tipo de cambio nominal.

Como la tasa de interés depende de las interacciones entre la demanda y la oferta de bonos, un aumento de la cantidad deseada de bonos nacionales que el banco central adquiere ejercerá una presión a la baja sobre las tasas, que se ajustarán en consecuencia, modificarán la demanda de bonos nacionales e incidirán en el comportamiento del tipo de cambio. La cantidad ideal de bonos que el banco central está dispuesto a mantener depende de la diferencia entre la tasa de interés actual y

la tasa objetivo del banco central, así como de la volatilidad observada en el tipo de cambio (que se calcula como el promedio móvil de la desviación típica del tipo de cambio nominal).

Cuando la volatilidad supera tres desviaciones típicas, su coeficiente toma el valor de 1 y la demanda de bonos se ajusta en consecuencia. La cantidad de bonos nacionales del Estado asignados al banco central es el máximo entre la demanda de bonos de este y el residuo no asignado al sector financiero, al privado y al externo. Los beneficios del banco central se usan para comprar activos financieros, y el ahorro del banco central corresponde a los beneficios no invertidos. Por último, la cantidad de dinero emitida es el residuo de la restricción presupuestaria del banco central, es decir, el dinero se emite para financiar la diferencia entre los beneficios antes de la inversión de cartera y la compra de cartera.

## V. Lógica de funcionamiento, relaciones de causalidad del modelo y resultados de algunas simulaciones

De acuerdo con los hechos estilizados que se toman en cuenta, el funcionamiento del modelo depende en gran medida de factores externos, como la tasa de crecimiento del resto del mundo y de las remesas. La variación de la tasa de crecimiento del resto del mundo y de la demanda de exportaciones, así como de las tasas financieras internacionales o de los flujos financieros, afecta directamente al sector externo. Esos impulsos se transmiten a las empresas, al nivel de empleo y de consumo, y al sector público.

Los mecanismos de transmisión son los siguientes: i) la estrecha relación entre el riesgo soberano y la prima soberana, así como la retroalimentación entre ambas variables; ii) la influencia de la prima de riesgo en la prima de riesgo empresarial; iii) el papel que los desajustes monetarios desempeñan en el sector privado no financiero, así como sus vínculos con las primas de riesgo y el tipo de cambio nominal; iv) la importancia que las expectativas tienen para la inversión, que se registra introduciendo un índice de confianza para la inversión<sup>18</sup>; v) la relación no lineal entre la deuda y la inversión del sector no financiero latinoamericano<sup>19</sup>; vi) el papel de los términos de intercambio en la determinación de la Ley de Thirwall, el tipo de cambio nominal, los flujos transfronterizos a corto plazo y las primas de riesgo; vii) la elevada penetración de los inversores extranjeros en los mercados nacionales, cuyo cambio de preferencias suele ir seguido de salidas y depreciación de la moneda, y viii) la preocupación de los bancos centrales de Centroamérica por el nivel de volatilidad de los tipos de cambio, que aquí se indica mediante un índice de volatilidad que determina, junto con la regla de Taylor, el nivel objetivo de las tenencias de bonos de los bancos centrales.

El diagrama de dependencias del modelo figura en el anexo A3. A pesar de sus dimensiones (464 variables, 313 endógenas y 151 exógenas), es posible captar los principales nodos de la simulación, representados por el tipo de cambio nominal. Otros nodos importantes son las primas de riesgo empresarial y soberano, en las que a su vez también incide el tipo de cambio nominal. Como ya se ha dicho, esas primas influyen tanto en las variables reales como en las financieras. En particular, el índice de riesgo empresarial (CEMBI) afecta la confianza empresarial y, por tanto, las decisiones de inversión y acumulación. El producto total, el ingreso disponible y las decisiones de consumo (y ahorro) se ajustan en consecuencia. El índice de riesgo soberano (EMBI) influye directamente en las finanzas públicas, ya que aumenta (o disminuye) los rendimientos, y con ello aumenta (o disminuye) la carga y el servicio de la deuda. A su vez, aumenta (o disminuye) la percepción del riesgo soberano y el valor de la moneda, lo que desencadena efectos en el balance en lo que atañe al volumen de la deuda (tanto privada como

<sup>18</sup> Véase Pérez Caldentey, Nalin y Rojas Rodríguez (2022 y 2023).

<sup>19</sup> Véase Pérez Caldentey, Favreau Negront y Méndez Lobos (2019).

pública) denominada en moneda extranjera. Por otro lado, la demanda del resto del mundo actúa como un importante canal de transmisión (exógeno), ya que aumenta (o disminuye) las entradas por exportaciones y remesas, que son dos factores que estabilizan (o desestabilizan) la moneda.

En el caso de los choques climáticos, los canales son diferentes: la función de daño responde a las condiciones mundiales (sobre todo a la temperatura mundial), pero la acción de adaptación es nacional, por lo que las variaciones de la función de daño afectan principalmente a las variables nacionales (el *stock* de capital, el trabajo, el consumo, el gasto público y otros). Los choques o las variaciones de las condiciones mundiales afectan tanto a las variables reales (que integran el PIB) como a las financieras (nivel de endeudamiento, EMBI, CEMBI y tipo de cambio nominal).

Cabe señalar que el modelo se calibró de acuerdo con las hipótesis de referencia relativas al crecimiento del PIB del resto del mundo, las tasas de interés extranjeras, los términos de intercambio y, en el caso del modelo ampliado con las interacciones ambientales, la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos. Los datos que se utilizaron para calibrar proceden de la base de datos CEPALSTAT (2024)<sup>20</sup>. Como se muestra en el gráfico 2, con la simulación se captan algunas de las tendencias generales de las economías seleccionadas, que se ejemplifican comparando la tendencia del crecimiento mediano del PIB de Centroamérica con la simulación de referencia del modelo.

**Gráfico 2**  
Centroamérica (7 países)<sup>a</sup>: simulación de referencia y tasa mediana de crecimiento del PIB, 2002-2021  
(En porcentajes)



**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>a</sup> Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y República Dominicana.

<sup>20</sup> Véase [en línea] <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/index.html?lang=es>.

## VI. Introducción de las interacciones ecológicas en el modelo stock-flujo

En el cuadro 10 se ofrece una representación gráfica de la primera y la segunda leyes de la termodinámica, donde la suma de los insumos materiales (es decir, los recursos, como la materia y la energía renovable y no renovable) es igual a la variación del *stock* socioeconómico (por ejemplo, a la suma de las emisiones de CO<sub>2</sub>, los residuos y la energía disipada). El hecho de que algunos insumos energéticos, como los combustibles fósiles, se disipen, introduce la segunda ley de la termodinámica en nuestro modelo. El cuadro 10 muestra la evolución del *stock* de materia relacionada con el ser humano en relación con las reservas de materiales y de energía no renovable, la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> y el *stock* socioeconómico. Al *stock* inicial de materia de cada año se le suman las adiciones netas, por ejemplo, las emisiones (más la absorción de la biosfera) o la conversión de las reservas en recursos (uso o extracción netos de energía y materia) para obtener el *stock* final. Del mismo modo, la diferencia entre el *stock* socioeconómico de cada año viene dada por la producción de bienes materiales menos su eliminación. Por otro lado, los productos no reciclables conducen a que se acumulen residuos peligrosos en el transcurso del tiempo. En condiciones de economía abierta, los *stocks* y los flujos físicos de la economía nacional o de la región y del resto del mundo se deben incorporar en las dos matrices.

**Cuadro 10**

Matriz de flujos físicos de la economía de dos zonas (consolidada)

	Saldo mundial de materiales	Saldo mundial de energía
Insumos		
Materia extraída	$+ mat_{CA} + mat_{row}$	
Energía renovable		$+ er_{CA} + er_{row}$
Energía no renovable	$+ cen_{row} + cen_{CA}$	$+ en_{row} + en_{CA}$
	Saldo mundial de materiales	Saldo mundial de energía
Oxígeno	$+ o2_{CA} + o2_{row}$	
Productos		
Emisiones industriales de CO <sub>2</sub>	$- (emis_{CA} + emis_{row})$	
Residuos	$- (wa_{CA} + wa_{row})$	
Energía disipada		$- (ed_{CA} + ed_{row})$
Variación del <i>stock</i> socioeconómico	$- (\Delta k_{se}^{CA} + \Delta k_{se}^{row})$	
Suma	0	0

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:**  $mat_{CA}$ ,  $mat_{row}$  = extracción de materia en Centroamérica y en el resto del mundo;  $cen_{row}$ ,  $cen_{CA}$  = masa de carbono de (no renovables) en el resto del mundo y en Centroamérica.  $o2_{CA}$ ,  $o2_{row}$  = masa de oxígeno en Centroamérica y en el resto del mundo;  $emis_{CA}$ ,  $emis_{row}$  = emisiones industriales de CO<sub>2</sub> en Centroamérica y en el resto del mundo;  $wa_{CA}$ ,  $wa_{row}$  = residuos generados por las actividades de producción en Centroamérica y en el resto del mundo;  $k_{se}^{CA}$ ,  $k_{se}^{row}$  = *stock* socioeconómico en Centroamérica y en el resto del mundo;  $er_{CA}$ ,  $er_{row}$  = energía renovable en Centroamérica y en el resto del mundo,  $en_{row}$ ,  $en_{CA}$  = energía no renovable en Centroamérica y en el resto del mundo;  $ed_{CA}$ ,  $ed_{row}$  = energía disipada al final del período en Centroamérica y en el resto del mundo.

Atendiendo al comportamiento de las reservas y los recursos materiales, la producción de bienes materiales y la extracción de materia en cada zona dependen del nivel de actividad respectivo. El *stock* socioeconómico reciclado es una fracción del *stock* socioeconómico desechado, que depende de los flujos de bienes duraderos. Estos últimos evolucionan en función de la demanda nacional luego de deducir el saldo comercial. Por lo tanto, la acumulación del *stock* socioeconómico viene dada por la producción de bienes materiales luego de deducir el agotamiento del *stock* socioeconómico. Los residuos vienen dados por la extracción de materia menos la variación del *stock* socioeconómico. La

conversión de recursos materiales en reservas tiene lugar a un ritmo exógeno. Por último, la masa de oxígeno viene dada por las emisiones menos la masa de carbono de la energía no renovable, que también es una fracción de las emisiones.

El nivel de actividad determina la energía que se necesita para producir en cada zona. La energía es tanto renovable como no renovable, y la proporción de cada tipo respecto de la demanda total de energía se determina de forma exógena. La evolución del *stock* de reservas energéticas depende de su conversión menos la demanda de energía no renovable, ya que su conversión en reservas reduce el *stock* de energía en el transcurso del tiempo. Las emisiones industriales dependen de la demanda de energía no renovable, mientras que la emisión anual de CO<sub>2</sub> de la tierra, que crece a un ritmo exógeno, aumenta las emisiones mundiales. Las concentraciones de CO<sub>2</sub> en las tres capas del planeta (la atmósfera, la biosfera o la superficie del océano, y el océano profundo) están interrelacionadas, pero son impulsadas por la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>, que depende de las emisiones. Por último, la temperatura atmosférica se ajusta a sus valores anteriores, corregidos por el forzamiento radiativo acaecido respecto de los niveles preindustriales, a lo que siguen las menores temperaturas oceánicas.

Los recursos energéticos y materiales inciden en el sistema económico por medio de dos canales: i) limitan las decisiones de inversión y, por tanto, el producto, una vez que la utilización de la capacidad determinada por la materia y la energía —definida como la relación entre el producto y el producto potencial determinado por la materia o la energía— supera el nivel normal o de equilibrio; ii) afectan los precios mediante recargos de los costos unitarios históricos, que en el modelo se representan como una función positiva de la utilización de la capacidad determinada por la materia y la energía.

De conformidad con Dafermos, Nikolaidi y Galanis (2017) y Carnevali y otros (2021), se define una función de daño similar a la que proporcionó Nordhaus (2018), que describe el impacto del aumento de la temperatura atmosférica en las variables de flujo, como el consumo real, la productividad laboral y la inversión privada (véase el cuadro 11). El aumento de las temperaturas afecta negativamente todas las variables mencionadas. Aunque la modelización de las variables ambientales debe incluir un componente de adaptación, este método muestra la capacidad de resiliencia de las economías para hacer frente a los efectos del cambio climático.

**Cuadro 11**  
Función de daño

$D = 1 - \frac{1}{1 + \pi_{a_1} T + \pi_{a_2} T^2 + \pi_{a_3} T^{3d_3}} \pi_1 ; \pi_2 ; \pi_3 ; \zeta_3 \geq 0$	(1)
$D^k := f_K \cdot D f_K \in (0;1)$	(2)
$D^l = f_l \cdot D f_l \in (0;1)$	(3)

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:**  $D$  = función de daño.  $D^k$  = impacto de la función de daño en el *stock* de capital;  $D^l$  = impacto de la función de daño en la fuerza de trabajo. Los parámetros del denominador se basan en Bovari, Giraud y Mc Isaac (2018) y relacionan las temperaturas con los daños que se podrían infligir en la economía.

Se reconocen los límites de este método y las críticas que se le pueden hacer, en particular los problemas que destacan Keen y otros (2021), quienes emplean la literatura para poner de relieve algunos errores que los economistas han cometido con respecto a diferentes supuestos, como la idea de que antes de 2100 no se alcanzaría ningún punto de inflexión, a pesar de que hoy en día la economía mundial ha alcanzado o ha superado esos límites (Lenton y otros, 2023). Por tanto, es posible que en la función de daño de Nordhaus (2018) se subestimen los efectos reales del cambio climático a corto plazo. Si bien resulta conveniente incluir puntos de inflexión para abordar de forma óptima la relación entre las variables económicas y las ambientales, se considera que este es un enfoque de referencia para analizar los riesgos y las oportunidades que se modificaría con los resultados reales.

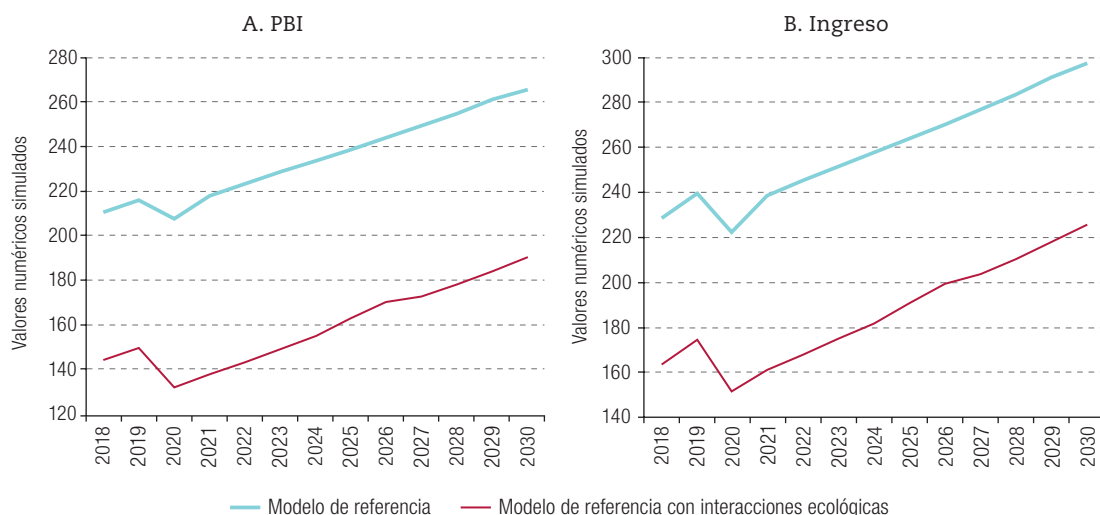
Una innovación importante del presente modelo es la inclusión de una variable ficticia que da cuenta de los fenómenos meteorológicos extremos. La variable ficticia toma un valor que va de 1 a 5 según la intensidad de las inundaciones, los huracanes y las sequías. Si se incluye, la variable ficticia afecta negativamente el consumo real, la confianza en las ventas de las empresas y la elasticidad de la demanda del resto del mundo en relación con la deuda pública denominada en moneda nacional o extranjera. La introducción de la variable ficticia también permite que el sistema aumente el gasto público a corto plazo detrás producirse un desastre, así como las primas de riesgo tanto del sector público como del privado.

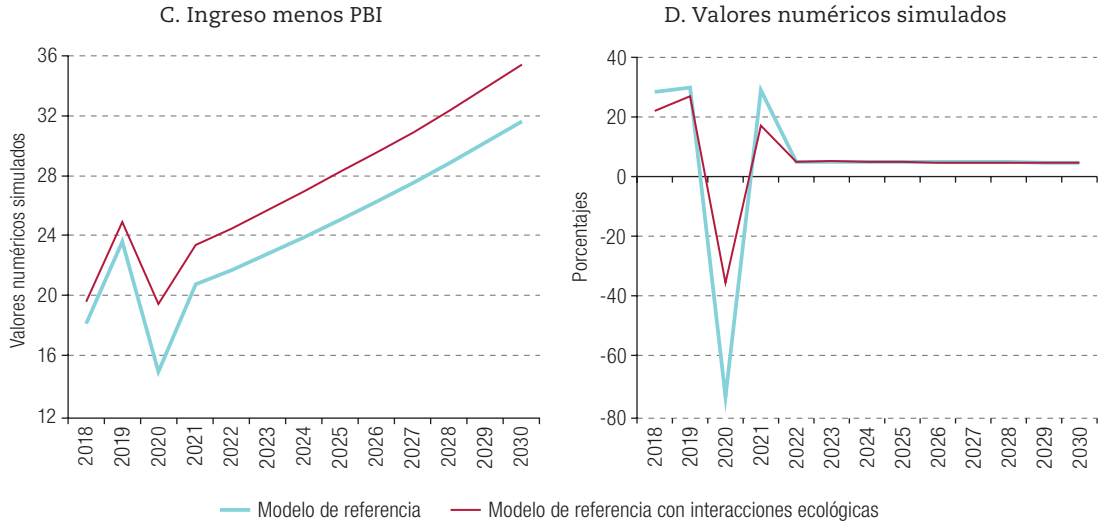
## VII. Simulaciones de modelos en que se contempla el cambio climático

En esta sección se comparan los resultados de las dos versiones del modelo, es decir, la que incluye el módulo ecológico y la que no lo hace. Ambas versiones se calibraron de acuerdo con las hipótesis de referencia relativas al crecimiento del PIB del resto del mundo, las tasas de interés extranjeras, los términos de intercambio y, en el caso del modelo ampliado en que se incluyen las interacciones ambientales, la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos. Como se observa en el gráfico 3, el nivel del PIB y el del ingreso nacional bruto disponible real son más bajos en el modelo de referencia en que se incluyen las interacciones ecológicas. Aun así, el nivel del ingreso nacional bruto disponible real es sistemáticamente superior al del PIB en los dos modelos de referencia, como ocurre en muchas economías caribeñas.

**Gráfico 3**

Comparación del PIB y del ingreso simulados utilizando el modelo de referencia, con cambio climático y sin él, 2018-2030

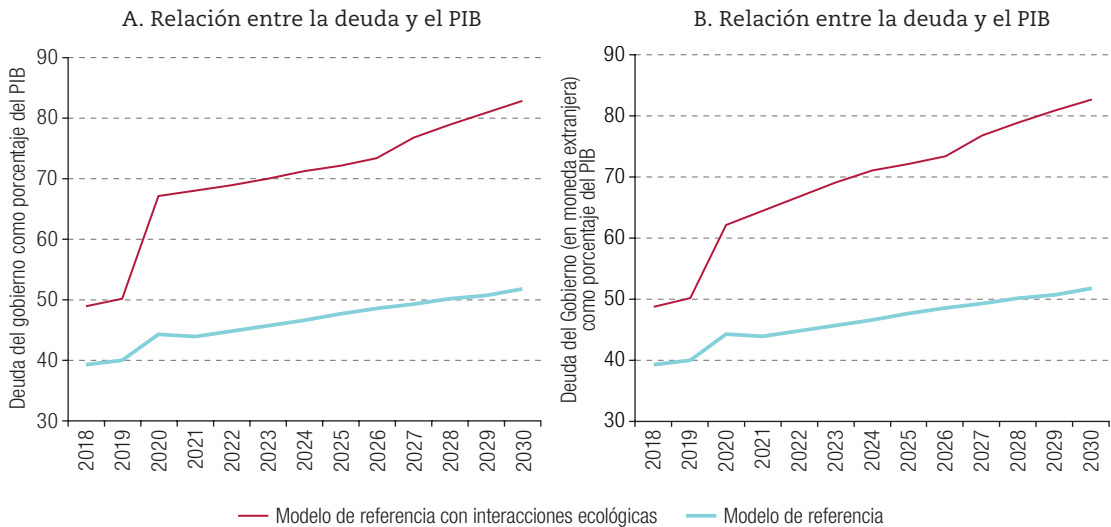


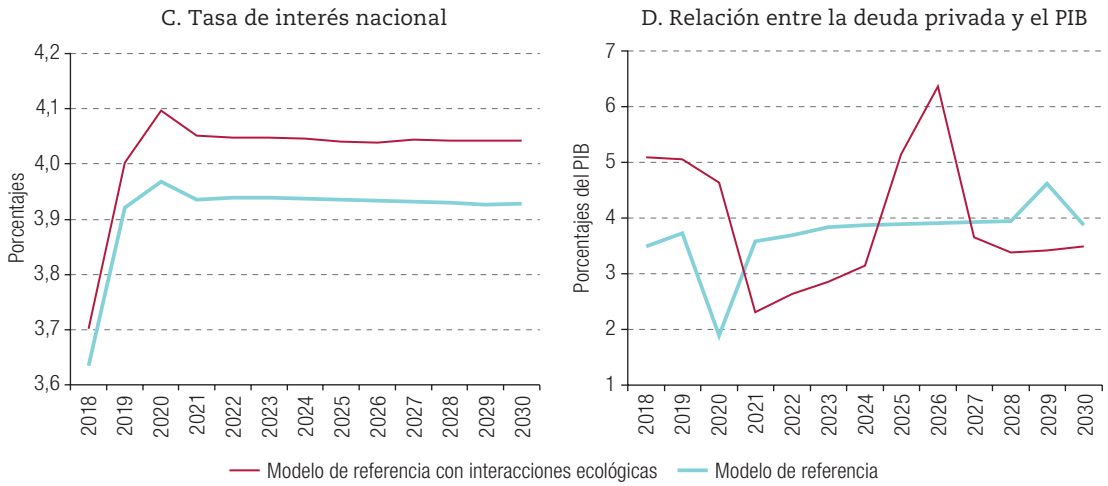


**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “Geoportal”, CEPALSTAT [base de datos en línea] <https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?lang=es>.

La diferencia entre el crecimiento del ingreso nacional bruto disponible real y el del PIB, es decir, la suma de los pagos netos de los factores procedentes del resto del mundo, las remesas, las donaciones y el ajuste de los términos de intercambio, es sistemáticamente positiva, tanto en lo que respecta al nivel como al crecimiento promedio. Como se afirmó en la sección anterior, el ingreso nacional bruto disponible real tiende a ser superior al PIB en las economías caribeñas debido a las entradas de remesas. Además, en el gráfico 4 se muestra la tendencia de la relación entre la deuda y el PIB, tanto en el sector público como en el privado. En el modelo ecológico, la relación entre la deuda pública y el PIB (tanto de la deuda total como de la denominada en moneda extranjera) tiende a crecer con el tiempo debido al aumento de los desembolsos del gobierno para compensar los daños causados por el cambio climático y la caída del gasto privado, sobre todo de la inversión (véase el gráfico 5).

**Gráfico 4**  
Comparación de las relaciones entre la deuda y el PIB simuladas utilizando el modelo de referencia, con cambio climático y sin él, 2018-2030

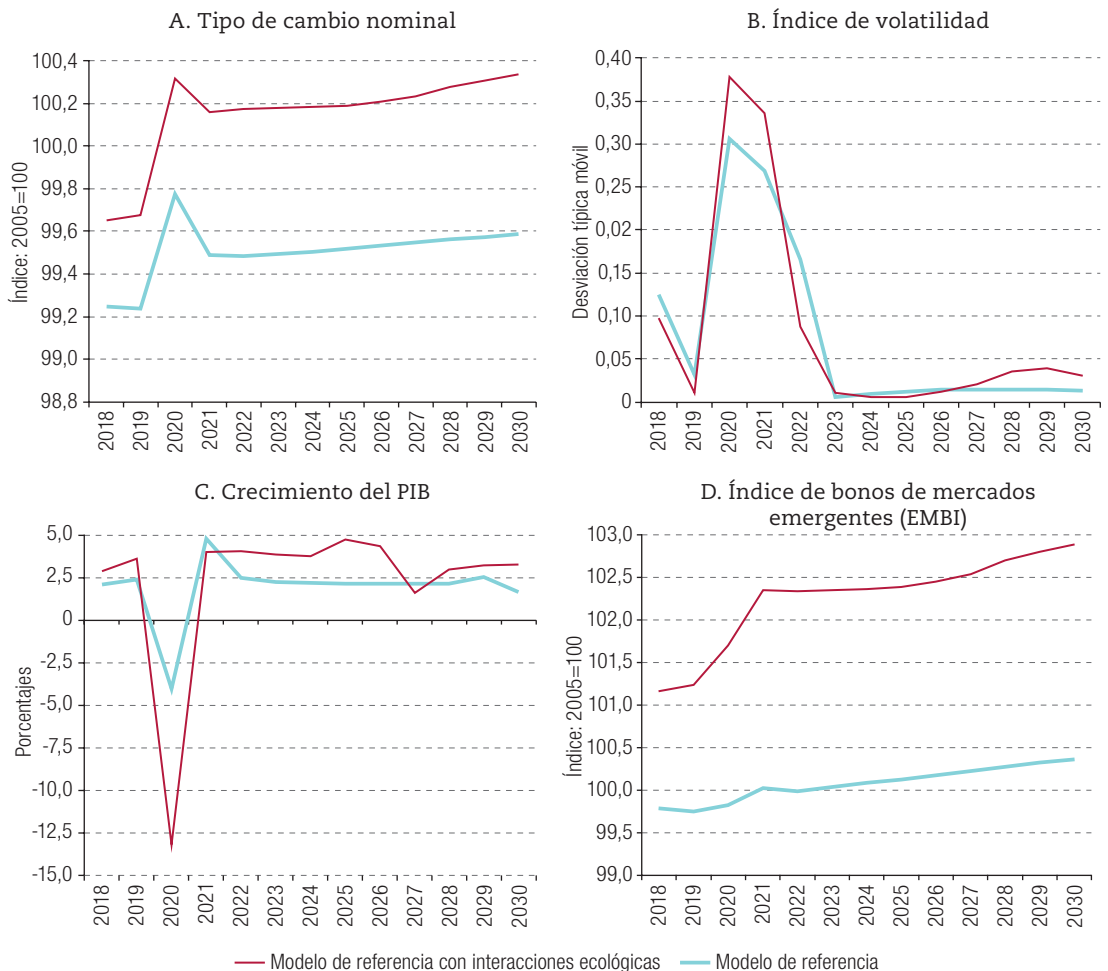




**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), "Geoportal", CEPALSTAT [base de datos en línea] <https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?lang=es>.

**Gráfico 5**

Comparación del tipo de cambio nominal, el crecimiento del PIB, el índice de volatilidad y el índice de bonos de mercados emergentes (EMBI) simulados utilizando el modelo de referencia, con cambio climático y sin él, 2018-2030



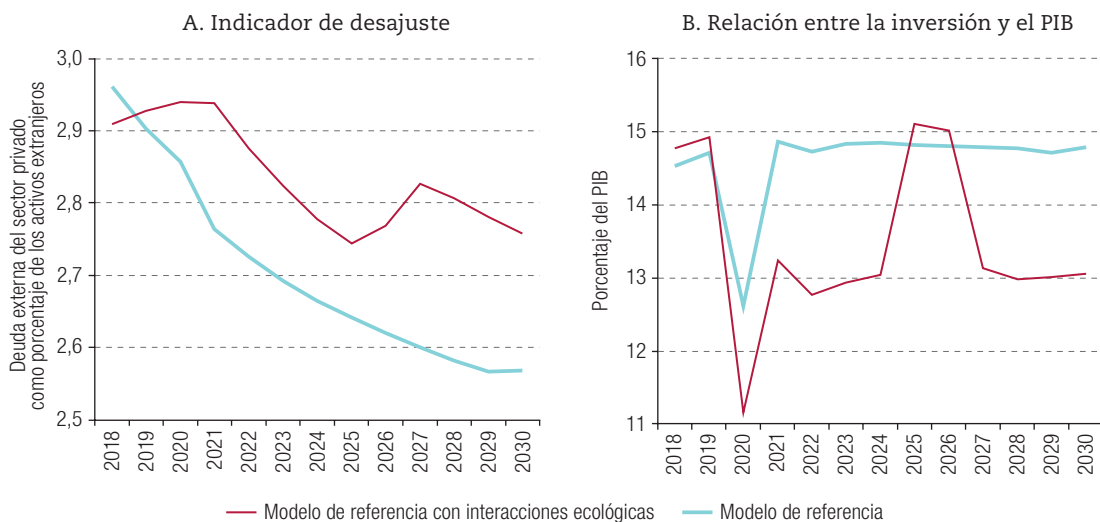
**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), "Geoportal", CEPALSTAT [base de datos en línea] <https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?lang=es>.

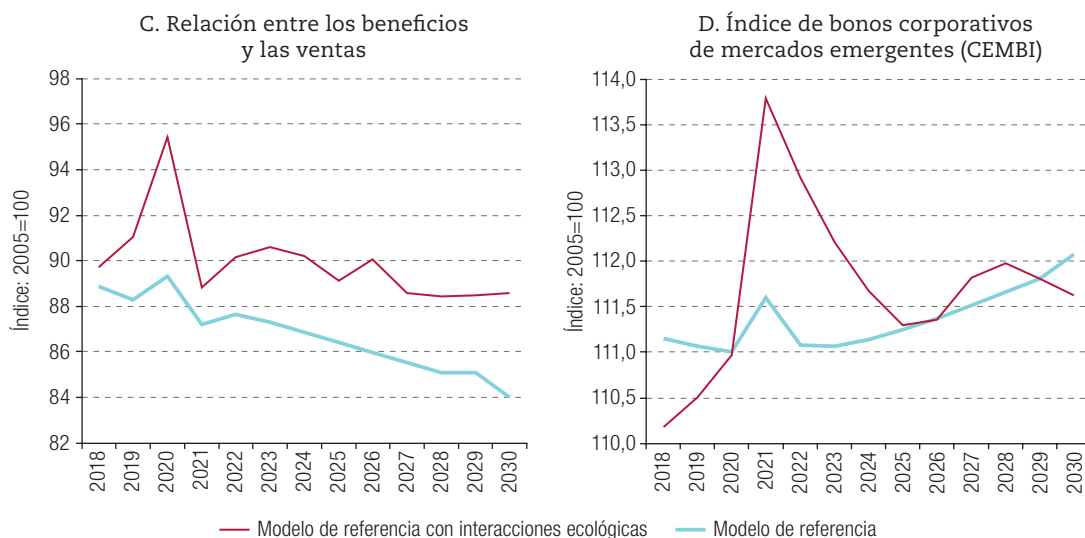
Según la probabilidad de que ocurran fenómenos meteorológicos extremos, la deuda privada también puede dispararse tras la destrucción del capital físico y la caída de la confianza empresarial. En consecuencia, la tasa de interés nacional tiende a ser más alta. La vulnerabilidad externa se acentúa una vez que se tienen en cuenta las interacciones climáticas, como se muestra en el gráfico 6, donde tanto el tipo de cambio nominal como el EMBI tienden a aumentar con el tiempo, a medida que se incrementa la volatilidad de la moneda. Como resultado, las fluctuaciones del PIB tienden a ser más pronunciadas, a pesar de que el crecimiento promedio del PIB es mayor cuando se tienen en cuenta los desembolsos que hace el gobierno para paliar los desastres.

Las consecuencias del cambio climático afectan en gran medida a las empresas, ya que la relación entre la inversión y el PIB desciende de forma pronunciada, lo que provoca un aumento de las primas de las empresas y de los desajustes monetarios en su cartera. Tanto el indicador de desajuste del modelo como el CEMBI tienden a disminuir posteriormente, debido en parte a la menor actividad económica y a los menores ingresos (véase el gráfico 6). Curiosamente, la relación entre los beneficios y las ventas tiende a permanecer estable en el modelo ecológico, debido principalmente a las mayores transferencias de efectivo del gobierno, que proporcionan un mecanismo de protección frente a la caída de la inversión privada.

**Gráfico 6**

Comparación de algunos indicadores del sector empresarial no financiero simulados utilizando el modelo de referencia, con cambio climático y sin él, 2018-2030





**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), "Geoportal", CEPALSTAT [base de datos en línea] <https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?lang=es>.

## VIII. Conclusiones

En el presente artículo se aplica un modelo *stock*-flujo consistente más general a las economías centroamericanas con el objetivo de poner de manifiesto y explicar las tendencias macroeconómicas generales de América Latina y el Caribe. Tras la recuperación posterior a la crisis financiera mundial (2008-2009), desde alrededor del período 2013-2014, el crecimiento del PIB regional ha tendido a disminuir y a converger hacia una tasa de crecimiento a largo plazo de aproximadamente el 2% (1% en crecimiento del PIB per cápita).

Esos resultados regionales ocultan importantes diferencias entre los países. Mientras que en las economías grandes de la región se registraron tasas de crecimiento más bajas entre 2010 y 2023, en algunas de las economías pequeñas, como las de Centroamérica, los resultados en materia de crecimiento mejoraron. Las diferencias en ese ámbito pueden atribuirse a factores reales, como la evolución de la productividad laboral y la estructura de la producción.

A los efectos de incorporar ese último factor, en el modelo se distingue entre el PIB y el ingreso nacional bruto real disponible. En el caso de Centroamérica, utilizar ese ingreso permite captar los efectos de las remesas en la economía, algo que no se logra si se considera el PIB. El uso de este último puede sobredimensionar la volatilidad del ciclo económico, la vulnerabilidad económica y el grado de limitación del espacio de que disponen las economías para aplicar políticas. La estructura productiva está ligada a la modalidad de inserción internacional. El ciclo económico de las economías centroamericanas suele estar correlacionado con el de los Estados Unidos.

La explicación de los resultados de las economías de América Latina y el Caribe desde el final de la crisis financiera mundial no estaría completa si no se incluye la relación entre los factores reales y los financieros. Se captan esos vínculos mediante varias relaciones causales, como la relación entre las remesas y los tipos de cambio nominales, el EMBI y el CEMBI, el apalancamiento y la inversión.

La importancia que los factores relacionados con el cambio climático tienen en esas economías condujo a la inclusión de un módulo ecológico en el modelo. Debido a que los efectos relacionados con el cambio climático son transversales y atañen a diferentes sectores y agentes, se considera que solo pueden captarse utilizando un modelo en que se represente la economía en su conjunto.

## Bibliografía

- Baltodano, O. (2017), "Alternative closures for an open economy model in a stock and flow consistent framework: the case of Central America", *Documentos de Trabajo*, N° 061, Banco Central de Nicaragua, diciembre.
- Barbosa, N. H. (2001), "International liquidity and growth in Brazil", *CEPA Working Paper*, N° 2001.4, Nueva York, Centro de Análisis de Políticas Económicas (CEPA).
- Bortz, PÁG. G. (2014), "Foreign debt, distribution, inflation and growth in a SFC model", *European Journal of Economics and Economic Policies: Intervention*, vol. 11, N° 3, diciembre.
- Bovari, E., G. Giraud y F. Mc Isaac (2018), "Coping with collapse: a stock-flow consistent monetary macrodynamics of global warming", *Ecological Economics*, N° 147, mayo.
- Campero Encinas, S. (2019), "Modelo stock flow consistent (SFC) aplicado al caso del sector de los hidrocarburos en Bolivia", tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales en el Ecuador (FLACSO Ecuador).
- Cano Ortiz, D. (2015), "Regla fiscal y choques externos en Colombia: un modelo de consistencia stock-flujo", tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia.
- Carnevali, E. y otros (2021), "Cross-border financial flows and global warming in a two-area ecological SFC model", *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 75, junio.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2024), "Geoportal", CEPALSTAT [base de datos en línea] <https://statistics.cepal.org/geo/geo-cepalstat/?lang=es>.
- Dafermos, Y., M. Nikolaidi y G. Galanis (2017), "A stock-flow-fund ecological macroeconomic model", *Ecological Economics*, vol. 131, enero.
- \_\_\_\_\_(2017), "A stock-flow-fund ecological macroeconomic model", *Ecological Economics*, vol. 131, enero.
- Do Nascimento, PÁG. F. y A. C. M. Silva (2016), "Financeirização e crescimento: alguns experimentos stock-flow consistent", *Anais do XLII Encontro Nacional de Economia*, Asociación Nacional de los Centros de Posgrado en Economía (ANPEC).
- Escobar, A. (2016), "Stock-flow consistent models for developing countries: the case of Colombia", documento presentado en la IX Conferencia Anual de Análisis Económico Global, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Fan, R. Y. y otros (2022), "Calamities, debt, and growth in developing countries", *Policy Research Working Paper*, N° 10015, Banco Mundial.
- Fernández, J. (2017), "Elementos de análisis para la sostenibilidad de una economía dolarizada", *Revista Economía*, vol. 69, N° 109, mayo.
- Godin, A. y otros (2023), "Can Colombia cope with a global low carbon transition?", *Research Papers*, N° 285, París, Agencia Francesa de Desarrollo (AFD).
- Godley, W. (2012), "Macroeconomics without equilibrium or disequilibrium", *The Stock-Flow Consistent Approach*, M. Lavoie y G. Zezza (eds.), Nueva York, Palgrave Macmillan.
- \_\_\_\_\_(1999) "Money and credit in a Keynesian model of income determination", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 23, N° 4, julio.
- Godley, W. y F. Cripps (1983), *Macroeconomics*, Nueva York, Oxford University Press.
- Godley, W. y M. Lavoie (2007), *Monetary Economics: An Integrated Approach to Credit, Money, Income, Production and Wealth*, Nueva York, Palgrave Macmillan.
- Guevara Castañeda, D. A. (2015), "Auge de las finanzas y desigualdad en la distribución del ingreso: un estudio desde la perspectiva de la financiarización para Colombia 1980-2008", tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia.
- Hilscher, J. y Y. Nosbusch (2010), "Determinants of sovereign risk: macroeconomic fundamentals and the pricing of sovereign debt", *Review of Finance*, vol. 14, N° 2, abril.
- Kappes, S. A. y M. Milan (2017), "Fiscal policy rules in a stock-flow consistent model", *Brazilian Keynesian Review*, vol. 3, N° 2, enero.
- Keen, S. y otros (2021), "Economists' erroneous estimates of damages from climate change", The Royal Society Publishing [en línea] <https://arxiv.org/abs/2108.07847>.
- \_\_\_\_\_(2021), "Economists' erroneous estimates of damages from climate change", The Royal Society Publishing [en línea] <https://arxiv.org/abs/2108.07847>.
- Lage, C., I. Romero y F. Villarreal (2023), *Modelo macroeconómico para Cuba* (LC/MEX/TS.2023/28), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Lavoie, M. y G. Daigle (2011), "A behavioural finance model of exchange rate expectations within a stock-flow consistent framework", *Metroeconomica*, vo. 62, N° 3, julio.

- Lenton, T. y otros (eds.) (2023), *Global Tipping Points Report 2023*, Universidad de Exeter.
- Mandarino, G. V., C. H. Dos Santos y A. C. M. Silva (2020), "Workers' debt-financed consumption: a supermultiplier stock-flow consistent model", *Review of Keynesian Economics*, vol. 8, N° 3, julio.
- Mazzi, C. T. (2013), "Um modelo stock-flow consistent (SFC) com crescimento restrito pelo balanço de pagamentos", tesis de maestría, Universidad de Campinas (UNICAMP).
- Mellini, A. (2018), "Política fiscal, equilibrio externo e déficits gêmeos em um modelo stock-flow consistent póskeynesiano com economia aberta", tesis de maestría, Universidad Federal de Uberlândia.
- Michelena G. y N. Guaita (2017), "Modelo de stock-flujo consistente para el análisis macroeconómico (SFARG)", *Documento de Trabajo*, Ministerio de Producción de la Argentina.
- Nalin, L. y G. T. Yajima (2021), "Commodities fluctuations, cross border flows and financial innovation: a stock-flow analysis", *Metroeconomica*, vol. 72, N° 3, julio.
- \_\_\_\_\_(2020), "Balance sheet effects of a currency devaluation: a stock-flow consistent framework for Mexico", *Working Paper*, N° 980, Levy Economics Institute.
- Nalin, L. y otros (2023), "A stock flow ecological model from a Latin American perspective", *Working Paper*, N° 1031, Levy Economics Institute.
- Nogueira Silva, D., H. Morrone y S. Kappes (2021), "Assessing pension system outcomes in Brazil: a stock-flow consistent analysis", *Brazilian Keynesian Review*, vol. 7, N° 2.
- Nordhaus, W. (2018), "Projections and uncertainties about climate change in an era of minimal climate policies", *American Economic Journal: Economic Policy*, vol. 10, N° 3, agosto.
- Pérez Caldentey, E. (2009), "Balance of payments constrained growth within a consistent stock-flow framework: an application to the economies of CARICOM", *Caribbean Development Report. Volume I*, Documentos de Proyectos (LC/W.249), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Pérez Caldentey, E. y L. Rojas Rodríguez (2020), "A stock-flow approach to investment requirements within balance-of-payments constrained growth", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2020/152), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Pérez Caldentey, E., N. Favreau Negront y L. Méndez Lobos (2019), "Corporate debt in Latin America and its macroeconomic implications", *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 42, N° 3.
- Pérez Caldentey, E., L. Nalin y L. Rojas Rodríguez (2023), "Un modelo stock-flujo de referencia para analizar las directrices y políticas de regulación macroprudencial en América Latina y el Caribe", *Apertura financiera, fragilidad financiera y políticas para la estabilidad económica: un análisis comparativo entre regiones del mundo en desarrollo*, Documentos de Proyectos (LC/TS.2022/139), E. Pérez Caldentey (ed.), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- \_\_\_\_\_(2022), "A baseline stock-flow model for the analysis of macroprudential regulation for Latin America and the Caribbean", *Working Paper*, N° 2217, Post-Keynesian Economics Society (PKES).
- Rivas Valdivia, J. C. (2014), "Divergencia económica estocástica y el rol de los desastres naturales en México y Centroamérica, 1980-2011", tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Taylor, L. (2008), "A foxy hedgehog: Wynne Godley and macroeconomic modelling", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 32, N° 4, julio.
- Telechea, J. M. (2018), "¿Cuál es el esquema macroeconómico adecuado para los países latinoamericanos?: una aproximación a partir de un modelo Stock Flujo Consistente", tesis de maestría, Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).
- Valdecantos, S. (2022), "Endogenous exchange rates in empirical stock-flow consistent models for peripheral economies: an illustration from the case of Argentina", *Journal of Post Keynesian Economics*, vol. 45, N° 4, agosto.
- \_\_\_\_\_(2021), "Grasping Argentina's green transition: insights from a stock-flow consistent input-output model", *Working Paper Series*, N° 4, Macroeconomic Methodology, Theory and Economic Policy (MaMTEP), Aalborg University Business School.
- \_\_\_\_\_(2020), "Argentina's (macroeconomic?) trap", *Working Paper*, N° 975, Levy Economics Institute.
- \_\_\_\_\_(2016), "Estructura productiva y vulnerabilidad externa: un modelo estructuralista stock-flujo consistente", *serie Estudios y Perspectivas-Oficina de la CEPAL en Buenos Aires*, N° 46 (LC/L.4171-LC/BUE/L.225), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Yilmaz, S. D. y A. Godin (2020), "Modelling small open developing economies in a financialized world: a stock-flow consistent prototype growth model", *Research Papers*, N° 125, Agencia Francesa de Desarrollo (AFD).
- Zeza, F. (2017), "Stock-flow consistent macroeconomic models: from theory to practice", inédito.

## Anexo A1

**Cuadro A1.1**

Revisión de literatura seleccionada sobre la elaboración de modelos stock-flujo en América Latina y el Caribe

Autor	Región/país	Tipo de modelo	Sector externo	Conclusiones
Barbosa (2001)	Brasil	De crecimiento	Ley de Thirlwall con restricción de liquidez	Las pequeñas economías abiertas tienden a ajustar su cuenta corriente, sobre todo su balanza comercial, a la disponibilidad de financiamiento del exterior.
Bortz (2014)	Argentina	De crecimiento	Dos economías	Los resultados indican que hay que descartar el punto de vista de los "déficits gemelos", y respaldan una gestión activa del tipo de cambio, a la luz de los efectos contradictorios de los regímenes de tipo de cambio fijo y flexible, según las circunstancias.
Campero Encinas (2019)	Bolivia (Estado Plurinacional de)	De crecimiento	No corresponde	Los choques externos que afectan los hidrocarburos y los minerales inciden poco en la economía como consecuencia de la industrialización de esos sectores.
Cano Ortiz (2015)	Colombia	De crecimiento	Resto del mundo vinculado con elasticidades	La regla fiscal que se aplica al déficit estructural del gobierno mitiga el efecto de los choques externos sobre el balance fiscal, pero amplifica el efecto de los choques de demanda.
Do Nascimento y Silva (2016)	Brasil	De crecimiento	...	Los resultados obtenidos indican que dependen de las funciones de inversión neokaleckianas y de los supuestos simplificadores que, <i>a priori</i> , crean condiciones financieras nirvánicas para la clase rentista.
Escobar (2016)	Colombia	De crecimiento	Resto del mundo vinculado con elasticidades	Se observan déficits gemelos entre el sector privado y el externo. No hay pruebas de que las mejoras de la economía estadounidense impliquen una mejora de las cifras de exportación de la economía colombiana.
Fernández (2017)	Ecuador	Estático	Resto del mundo con la misma moneda	Los efectos observados de la política fiscal son los que se suelen esperar, pero la reducción del gasto público incide más en la demanda agregada.
Guevara Castañeda (2015)	Colombia	Estático	...	El aumento de la tasa de interés produce una redistribución del ingreso de los hogares de ingreso bajo a los de ingreso alto.
Kappes y Milan (2017)	Brasil	Estático	...	Las reglas que <i>a priori</i> son más expansionistas (o menos contraccionistas) presentan tasas de crecimiento más elevadas <i>ex post</i> . Existe una relación inversa entre la deuda pública y la deuda de las empresas: la primera es mayor en la primera regla y menor en la regla de equilibrio presupuestario; con la deuda de las empresas ocurre lo contrario.
Mazzi (2013)	Brasil	De crecimiento	Ley de Thirlwall con flujos de capital	El impacto que la entrada de capital tiene en la economía depende del tipo de capital.
Mellini (2018)	Brasil	De crecimiento	Déficits gemelos	Se corrobora la hipótesis de los déficits gemelos y se refuta la posibilidad de que haya consecuencias negativas mediante un aumento de la orientación presupuestaria.
Michelena y Guaita (2017)	Argentina	De crecimiento	Ley de Thirlwall	Los aumentos del gasto público producen efectos positivos en el crecimiento económico, pero esos aumentos se ven limitados por las restricciones externas.
Pérez Caldentey (2009)	Comunidad del Caribe (CARICOM)	De crecimiento	Ley de Thirlwall	En el modelo se subraya el carácter vinculante de la restricción externa y se afirma que el gasto público no se traduce necesariamente en un crecimiento bajo o en un nivel elevado de endeudamiento. El resultado depende de la interacción entre el gobierno, el sector externo y el sector privado, una interacción que es la base de los modelos <i>stock-flujo</i> .
Telechea (2018)	América Latina	De crecimiento	Déficits gemelos	Los resultados confirman la hipótesis de los déficits gemelos con causalidad desde el frente externo hacia el fiscal.
Valdecantos (2016)	América Latina	Estático	Ley de Thirlwall	El impacto que los distintos tipos de choques externos ejercen en las economías latinoamericanas depende del tipo de estructura productiva que estas tengan.

**Fuente:** Elaboración propia, sobre la base de la bibliografía citada.

## Anexo A2

### Matriz física ambiental

**Cuadro A2.1**

 Matriz física *stock-flujo* de una economía de dos zonas (consolidada)

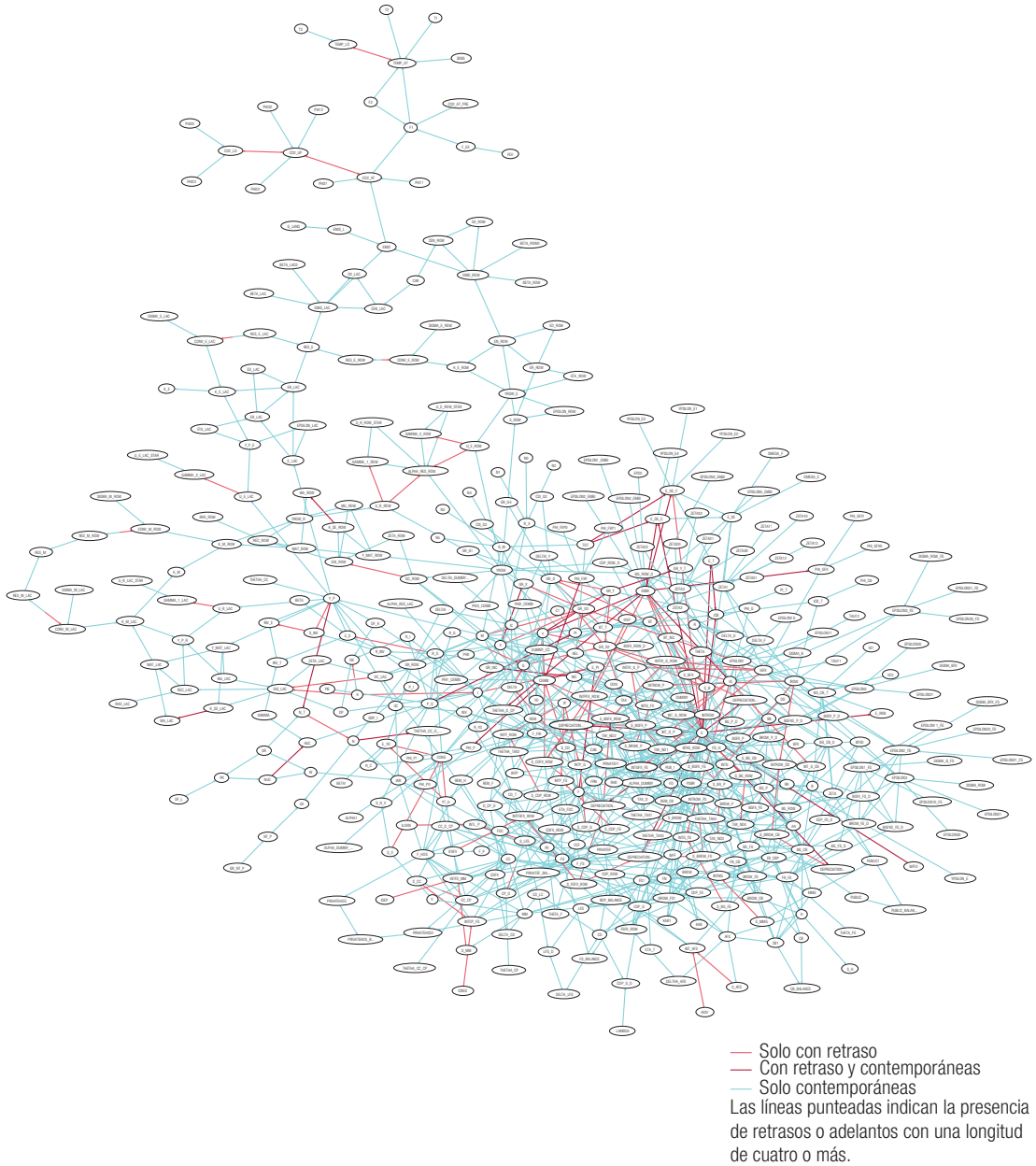
	Reservas mundiales de materiales	Reservas mundiales de energía no renovable	Concentración mundial de CO <sub>2</sub> atmosférico	Stock socioeconómico mundial
Stock inicial	$+k_{CA,(-1)}^m + k_{row,(-1)}^m$	$+k_{CA,(-1)}^e + k_{row,(-1)}^e$	$+co2_{at,(-1)}$	$+k_{se,(-1)}^{CA} + k_{se,(-1)}^{row}$
Recursos convertidos en reservas	$+conv_{CA}^m + conv_{row}^m$	$+conv_{CA}^e + conv_{row}^e$		
Emissiones de CO <sub>2</sub> (mundiales)			$emis_{CA} + emis_l + emis_{row}$	
Producción de bienes materiales				$+y_{CA}^{mat} + y_{row}^{mat}$
Extracción o uso de materia o energía	$-(mat_{CA} + mat_{row})$	$-(en_{row} + en_{CA})$		
Transferencia neta a los océanos o la biosfera			$(phi_{11} - 1) * co2_{at(-1)} + phi_{21} * co2_{up(-1)}$	
Destrucción del stock socioeconómico				$-(dis_{CA} + dis_{row})$
Stock final	$+k_{CA}^m + k_{row}^m$	$+k_{CA}^e + k_{row}^e$	$+co2_{at}$	$+k_{se}^G + k_{se}^B$

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:**  $k_{CA,(-1)}^m, k_{row,(-1)}^m$  = stock de reservas de materiales en Centroamérica y el resto del mundo;  $conv_{CA}^m, conv_{row}^m$  = recursos materiales convertidos en reservas en Centroamérica y el resto del mundo;  $mat_{CA}, mat_{row}$  = extracción de materia en Centroamérica y el resto del mundo;  $k_{CA}^m, k_{row}^m$  = stock de reservas de materiales en Centroamérica y el resto del mundo;  $k_{CA,(-1)}^e, k_{row,(-1)}^e$  = stock de reservas energéticas en Centroamérica y el resto del mundo;  $conv_{CA}^e, conv_{row}^e$  = recursos energéticos convertidos en reservas en Centroamérica y el resto del mundo;  $en_{row}, en_{CA}$  = energía no renovable en el resto del mundo y en Centroamérica;  $k_{CA}^e, k_{row}^e$  = stock de reservas energéticas en Centroamérica y el resto del mundo;  $co2_{at(-1)}$  = concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>;  $emis_{CA}, emis_l, emis_{row}$  = emisiones industriales en Centroamérica, emisiones anuales de CO<sub>2</sub> de la tierra y emisiones industriales del resto del mundo;  $co2_{at(-1)}, +co2_{up(-1)}$  = concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> y concentración de CO<sub>2</sub> en el océano superior o la biosfera;  $k_{se,(-1)}^{CA}, k_{se,(-1)}^{row}$  = stock socioeconómico en Centroamérica y el resto del mundo;  $y_{CA}^{mat} + y_{row}^{mat}$  = producción de bienes materiales en Centroamérica y el resto del mundo;  $dis_{CA}, dis_{row}$  = stock socioeconómico desechado en Centroamérica y el resto del mundo;  $k_{se}^G, k_{se}^B$  = stock socioeconómico mundial al final del período (año) en Centroamérica y el resto del mundo.

## Anexo A3

**Diagrama A3.1**  
Diagrama de dependencias



**Fuente:** Elaboración propia.



[www.cepal.org/revista](http://www.cepal.org/revista)



NACIONES UNIDAS

CEPAL

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE