

La Plataforma de Modelado Económico-Ambiental Integrada (IEEM)

Guías Técnicas de la Plataforma IEEM: Presentación Matemática

Onil Banerjee
Martin Cicowiez

División de Medio
Ambiente, Desarrollo Rural
y Administración de
Riesgos por Desastres

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-01842

Diciembre 2019

La Plataforma de Modelado Económico-Ambiental Integrada (IEEM)

Guías Técnicas de la Plataforma IEEM: Presentación Matemática

Onil Banerjee
Martin Cicowiez

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Banerjee, Onil.

La Plataforma de Modelado Económico-Ambiental Integrada (IEEM): guías técnicas de
la Plataforma IEEM: presentación matemática / Onil Banerjee, Martin Cicowiez.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1842)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Environmental economics-Mathematical models. 2. Environmental policy. 3.
Environmental auditing. 4. Economic development-Environmental aspects. I. Cicowiez,
Martin. II. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Medio Ambiente, Desarrollo
Rural y Administración de Riesgos por Desastres. III. Título. IV. Serie.
IDB-TN-1842

Códigos JEL: D58 Computable and Other Applied General Equilibrium Models; Q56
Environment and Development • Environment and Trade • Sustainability • Environmental
Accounts and Accounting • Environmental Equity • Population Growth.

Palabras clave: Modelado Económico-Ambiental Integrado; IEEM; Políticas públicas y
análisis de inversiones; análisis económico ex ante; análisis coste-beneficio; modelado
dinámico de equilibrio general computable; valoración del capital natural; servicios de
ecosistema; Sistema de Contabilidad Económica Ambiental; SEEA.

<http://www.iadb.org>

Copyright © [2019] Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative
Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND)
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-
comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá
a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin
distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y
requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del
Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



La Plataforma de Modelado Económico-Ambiental Integrada (IEEM)

Guías Técnicas de la Plataforma IEEM: Presentación Matemática

Onil Banerjee¹ and Martin Cicowiez²

¹ Banco Interamericano de Desarrollo
División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres
1300 New York Avenue N.W.
Washington, D.C., 20577, USA
+1 202 623-3382
onilb@iadb.org

² Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Nacional de La Plata
Calle 6 entre 47 y 48, 3er piso, oficina 312
1900
La Plata, Argentina
mcicowiez@gmail.com

Reconocimientos

Este trabajo fue financiado por el Banco Inter-Americano de Desarrollo.

Resumen

Esta guía técnica presenta la Plataforma de Modelado Económico-Ambiental Integrada (IEEM por sus siglas en inglés), un modelo de equilibrio general computable dinámico recursivo desarrollado en el Banco Inter-Americano de Desarrollo para el análisis de políticas e inversiones públicas de mediano y largo plazo. La Plataforma IEEM presta especial atención al modelado de la interacción entre economía y medio ambiente con la integración del Sistema de Contabilidad Ambiental-Económica. El documento presenta una descripción discursiva de IEEM. Luego, presentamos sus ecuaciones y variables.

Códigos JEL: D58 Computable and Other Applied General Equilibrium Models; Q56 Environment and Development • Environment and Trade • Sustainability • Environmental Accounts and Accounting • Environmental Equity • Population Growth.

Palabras clave: Modelado Económico-Ambiental Integrado; IEEM; Políticas públicas y análisis de inversiones; análisis económico ex ante; análisis coste-beneficio; modelado dinámico de equilibrio general computable; valoración del capital natural; servicios de ecosistema; Sistema de Contabilidad Económica Ambiental; SEEA.

Contenido

1.0 Introducción	5
2.0 IEEM: Presentación Discursiva.....	5
2.1 El Modelo Equilibrio General Computable	5
2.2 IEEM: Dinámica	8
3.0 Descripción Matemática de IEEM	9
3.1 Variables	9
3.2 Ecuaciones: Función de Producción y Precios Vinculados	18
3.2.1 Valor Agregado – Energía – Agua.....	18
3.2.2 Capital – Energía.....	19
3.2.3 Otros Factores	20
3.2.4 Energía	21
3.2.5 Tierra – Agua	21
3.2.6 Agua.....	22
3.2.7 Otra Producción	23
3.2.8 Precios Producción.....	24
3.2.9 Función de Producción Minería.....	25
3.2.10 Función de Producción Pesca	25
3.3 Comercio Interno e Internacional	26
3.4 Ingresos Factoriales	28
3.5 Sectores Institucionales: No Gobierno	29
3.6 Sectores Institucionales: Gobierno	30
3.7 Sectores Institucionales: Resto del Mundo	34
3.8 Transferencias	34
3.9 Condiciones de Equilibrio	35

3.10 Dinámica: Inversión por Destino.....	36
3.11 Dinámica: Oferta y Dotaciones Factoriales.....	38
3.12 Movilidad Factorial	40
3.13 Dinámica: Uso de la Tierra	41
3.14 Emisiones	42
Referencias.....	44

1.0 Introducción

Este documento presenta la Plataforma de Modelado Económico-Ambiental Integrada (IEEM por sus siglas en inglés), un modelo de equilibrio general computable (EGC) dinámico recursivo desarrollado en el Banco Inter-Americano de Desarrollo (BID) para el análisis de políticas e inversiones públicas de mediano y largo plazo (Banerjee et al. 2016, Banerjee et al. 2019a, Banerjee et al. 2019b). La Plataforma IEEM presta especial atención al modelado de la interacción entre economía y medio ambiente con la integración de información del Sistema de Contabilidad Ambiental-Económica (SCAE). El documento presenta una descripción discursiva de IEEM seguida por una presentación de sus ecuaciones y variables.

2.0 IEEM: Presentación Discursiva

IEEM es un modelo de EGC que integra información ambiental típicamente asociada con el capital natural, organizado bajo el primer estándar estadístico para la contabilidad ambiental-económica, el Sistema de Contabilidad Ambiental-Económica (SCAE; United Nations, European Commission et al. 2014). Por ejemplo, se incorpora información sobre uso de la tierra, extracción de recursos naturales no renovables, y emisiones vinculadas con el consumo de productos energéticos. Es decir, IEEM extiende el análisis de EGC para aplicarlo al estudio de fenómenos que impactan sobre la economía y el ambiente.

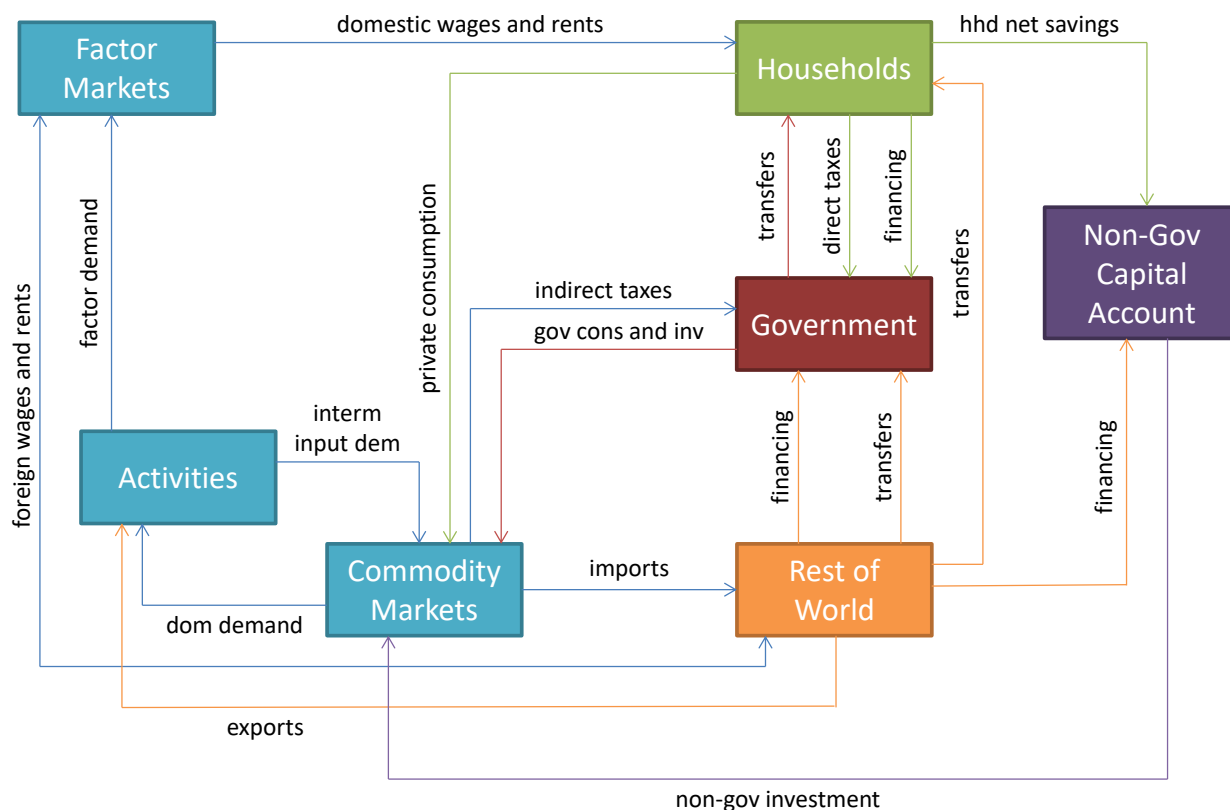
Además, IEEM presta particular atención al modelado de los sectores que emplean recursos naturales (o capital natural), tanto desde el lado de la oferta como desde el lado de la demanda. Por otro lado, IEEM permite complementar el análisis de EGC con (a) un modelo de microsimulación para estimar de manera más certera los efectos sobre pobreza y desigualdad, y (b) modelos de cambios en cobertura y uso del suelo para estimar los efectos sobre servicios ecosistémicos de regulación (e.g., polinización, mitigación de erosión, entre otros; Banerjee et al. In press).

2.1 El Modelo Equilibrio General Computable

En esencia, IEEM tiene algunas características relativamente estándar (ver, por ejemplo, Lofgren et al. 2002 y Robinson 1999) y otras que lo hacen particularmente útil para evaluar los efectos de shocks relacionados con la interacción entre economía y medio ambiente. El esquema que se presenta en la figura 1 resume los principales flujos económicos que captura IEEM. Las flechas representan flujos de dinero; en general, a cada una corresponde un flujo de productos o factores de producción en dirección opuesta. En general, los modelos de EGC, IEEM incluido, consideran el lado real de la economía, excluyendo los aspectos monetarios;

en consecuencia, no consideran fenómenos tales como la inflación. En cambio, centran su atención en capturar cambios en la forma en que se asignan los recursos de la economía que se modela.

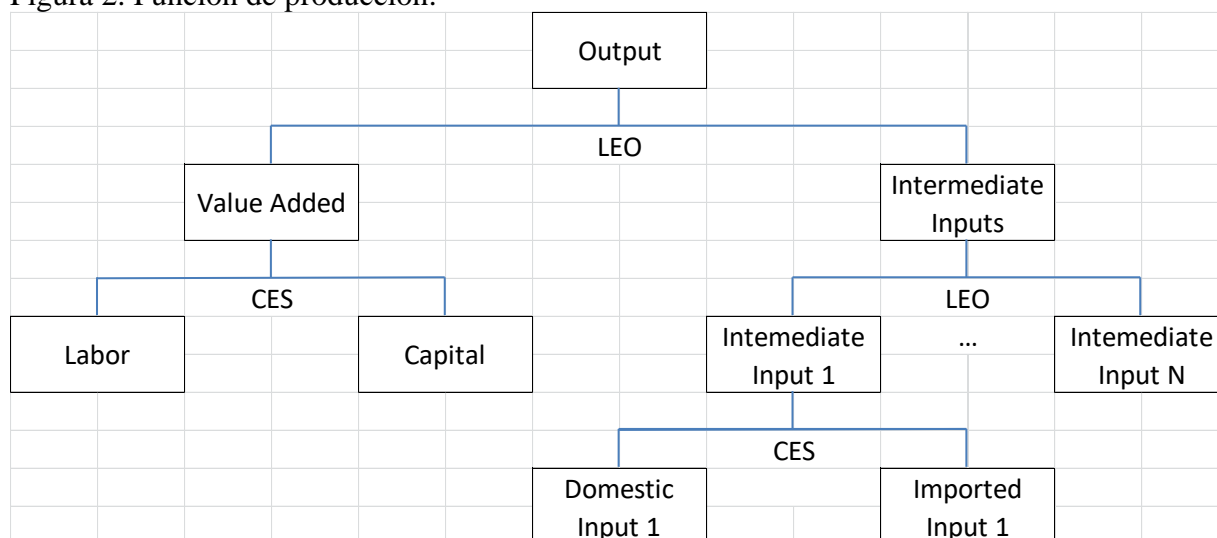
Figura 1: El flujo circular de la renta IEEM.



Fuente: elaboración de los autores.

Los sectores productivos están representados por actividades que maximizan sus beneficios en mercados competitivos. La tecnología de producción, en su versión más simple, se resume en la figura 2. En primer lugar, se combinan valor agregado e insumos intermedios en proporciones fijas. El valor agregado, a su vez, se genera mediante la combinación de factores primarios de producción (trabajo, capital y, dependiendo del sector, el capital natural). Por su parte, los insumos intermedios pueden provenir de la oferta nacional o del resto del mundo (importaciones; ver más abajo). Las actividades pueden producir uno o más productos en proporciones fijas. A su vez, cada producto puede ser producido por más de una actividad. La producción total de cada bien o servicio puede destinarse al mercado interno o exportarse al resto del mundo.

Figura 2. Función de producción.



Nota: CES = elasticidad de sustitución constante, y LEO = Leontief.

Fuente: elaboración de los autores.

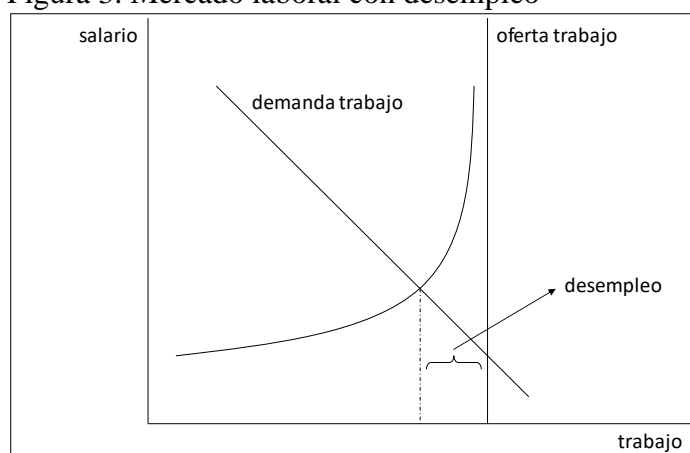
Típicamente, IEEM identifica como sectores institucionales a las familias/hogares, las empresas, el gobierno, y el resto del mundo. Los hogares obtienen su ingreso de los factores productivos que poseen, como así también de las transferencias que reciben de las demás instituciones incluidas en el modelo. Los hogares destinan su ingreso a comprar los bienes y servicios que consumen, ahorrar, pagar impuestos directos y realizar transferencias a las demás instituciones. El gobierno recibe la recaudación tributaria al mismo tiempo que consume/provee bienes y servicios, realiza transferencias a los hogares y (des)ahorra. El resto del mundo demanda exportaciones y ofrece importaciones. El modelo permite identificar ocho tipos de impuestos (i.e., al ingreso de los hogares, a las actividades, al consumo, al valor agregado, a las exportaciones, a las importaciones, al ingreso factorial, y a la utilización de factores de producción por parte de las actividades productivas). Por su parte, los márgenes de comercialización y transporte se modelan de manera explícita, suponiendo que se necesitan los servicios correspondientes en proporciones fijas para mover un bien desde el productor hacia el consumidor.

En términos del comercio exterior, se supone que los bienes y servicios se diferencian según el país de origen (Armington 1969). Así, puede modelarse el comercio en dos direcciones (i.e., el mismo bien o servicio se importa y exporta simultáneamente). La combinación de productos nacionales e importados se realiza en la frontera del país modelado. Es decir, la composición nacional/importado del consumo es la misma independientemente de cuál sea el destino de los productos (por ejemplo, consumo intermedio versus consumo final). El supuesto de sustitución

imperfecta entre importaciones y compras nacionales se implementa con una función de tipo CES. Por el lado de la producción, se realiza un supuesto simétrico: las exportaciones son un sustituto imperfecto de las ventas al mercado interno; la transformación imperfecta se implementa mediante una función de tipo CET (Elasticidad de Transformación Constante). Además, el país modelado se considera pequeño; por lo tanto, toma como dados tanto los precios internacionales de los productos que comercia con el resto del mundo.

En el mercado laboral se supone que existe desempleo generado por una curva de salarios (figura 3), que establece una relación negativa entre nivel de salarios y tasa de desempleo (ver Blanchflower y Oswald 1994). En todos los casos, el trabajo es perfectamente móvil entre sectores. Por su parte, el capital, una vez instalado, es inmóvil entre sectores.

Figura 3. Mercado laboral con desempleo



Fuente: elaboración de los autores.

2.2 IEEM: Dinámica

El modelo es dinámico recursivo; es decir, se supone que los agentes económicos son miopes por lo que sus expectativas son estacionarias. En consecuencia, los agentes económicos esperan que los precios futuros sean idénticos a los precios del período presente. Las fuentes de dinámica son cuatro: acumulación de capital, crecimiento de la fuerza laboral, crecimiento en de la oferta de recursos naturales, e incrementos en la productividad factorial. Al iniciar cada período, se modifican los stocks de capital sectoriales en base a la inversión del período anterior. Por su parte, las dotaciones de los demás factores productivos crecen de forma exógena. La inversión y los stocks de capital de cada período se diferencian entre públicos y privados. Por tratarse de un modelo dinámico recursivo, la solución del modelo implica resolver una sucesión de modelos estáticos conectados por cambios en las dotaciones factoriales.

En general, el análisis de EGC no permite la obtención de resultados distributivos con suficiente nivel de desagregación. En consecuencia, IEEM incorpora un modelo de microsimulación para estimar los efectos sobre pobreza y desigualdad. En particular, los resultados que arroja IEEM para el ingreso per cápita de cada uno de los hogares representativos que identifica la Matriz de Contabilidad Social (MCS) se utilizan para modificar el ingreso per cápita familiar de cada uno de los hogares que típicamente registran las encuestas de hogares.

En términos de los datos, la fuente principal de información para calibrar un modelo de EGC como el contenido en IEEM viene dada por la MCS. En pocas palabras, una MCS es una matriz cuadrada que muestra todas las transacciones que se realizaron en una economía (sub-nacional, nacional o mundial) durante un año determinado. En el caso de IEEM, la MCS se complementa con información sobre capital natural con el objetivo de capturar la interacción bi-direccional entre economía y ambiente. En este sentido, Banerjee et al. (2019c) ejemplifican la construcción de una MCS ambiental con información de Guatemala.

3.0 Descripción Matemática de IEEM

A continuación, se presenta la descripción matemática de IEEM. La tabla 1 presenta la notación mientras que la tabla 2 presenta la lista de conjuntos o subíndices utilizados en la descripción matemática de IEEM.

3.1 Variables

La tabla 1 presenta la notación mientras que la tabla 2 presenta la lista de conjuntos o subíndices utilizados en la descripción matemática de IEEM.

Tabla 1. Notación empleada.

Ítem	Notación	Ejemplo
Conjuntos o subíndices	Letras minúsculas Latinas como subíndices de variables y parámetros	ver filas a continuación
Variables endógenas	Letras mayúsculas Latinas (sin barra superior)*	$QG_{c,t}$
Variables exógenas**	Letras mayúsculas Latinas con barra superior*	$\overline{QFS}_{f,t}$
Parámetros**	Letras minúsculas latinas* o letras minúsculas griegas (con o sin supra índices	$ica_{c,a}; \rho_c^q$

*Los nombres de las variables y parámetros que se refieren a precios, cantidades y remuneraciones factoriales empiezan con P, Q y WF, respectivamente.

**La distinción entre variables exógenas y parámetros es que los últimos siempre tienen valores exógenos mientras que las primeras pueden ser endógenas bajo supuestos alternativos.

Tabla 2. Conjuntos o subíndices.

Nombre	Descripción
$ac \in AC$	conjunto global; cuentas de la MCS y otros elementos
$a \in A$	actividades (i.e., sectores productivos o industrias)
$a \in AREG$	actividades con precios regulados
$c \in C$	productos (i.e., bienes y servicios)
$c \in C1(\subset C)$	productos nivel superior función de utilidad
$c \in C2(\subset C)$	productos nivel inferior función de utilidad
$c \in CEN(\subset C)$	productos energéticos
$c \in CT(\subset C)$	productos vinculados a márgenes de distribución; típicamente, comercio y transporte
$c \in CWAT(\subset C)$	agua como producto
$d \in D(ISND \cup FCAP \cup AUTAC)$	demandantes internos (o tipos de demanda): instituciones (para consumo), inversión por tipo de capital, actividades, y márgenes de distribución
$f \in F$	factores
$f \in FVA(\subset F)$	factores que reciben parte del valor agregado (en MCS)
$f \in FCAP(\subset F)$	factores capital
$f \in FCAPG(\subset FCAP, \not\subset FVA)$	factores capital del gobierno que no son remunerados
$f \in FCAPNG(\subset FCAP, \subset FVA)$	factores capital que reciben parte del valor agregado
$f \in FLAB(\subset FVA)$	factores trabajo
$f \in FLAND(\subset FVA)$	factores tierra
$f \in FOTH(\subset FVA, \not\subset FLAB, \not\subset FCAP \not\subset FLAND)$	otros factores que reciben parte del valor agregado
$f \in FWAT$	agua como factor
$f \in FNCAPV1(\subset FVA)$	factores no capital en nivel superior nivel de producción
$f \in FMOB(\subset FVA)$	factores móviles entre sectores
$f \in FNMOb(\subset FVA)$	factores inmóviles entre sectores
$f \in FUEND(\subset FVA)$	factors with endogenous unemployment rate
$g \in GHG$	gases de efecto invernadero
$i \in INS$	Instituciones
$i \in INSD(\subset INS)$	instituciones nacionales
$i \in INSDNG(\subset INSD)$	instituciones nacionales no gobierno
$h \in H(\subset INSDNG)$	hogares
$i \in INSNH(\subset INS)$	instituciones no hogares
$i2 \in INS2$	govz y ngovz
$t \in T$	tiempo (años simulación)
$t \in TMIN(\subset T)$	año base (primer período simulación)

La tabla 3 presenta los variables y su descripción.

Tabla 3. Variables.

Nombre	Descripción
$CALTFP_t$	índice de PTF para generar escenario base
$CALTFPA_{a,t}$	índice de PTF por actividad para generar escenario base
CPI_t	índice de precios al consumidor
$DKA_{f,a,t}$	cambio en el stock de capital f instalado en actividad a
$DKINS_{i,f,t}$	inversión de la institución i en stock de capital f
DPI_t	índice de precios productos nacionales
EG_t	gasto corriente del gobierno
$EH_{h,t}$	gasto en consume del hogar h
$EMI_{ghg,ac,ac',t}$	emisiones de GEI ghg por el uso de ac por parte del demandante ac'
EXR_t	tipo de cambio (moneda local por unidad de moneda del resto del mundo)
FDI_t	inversión extranjera directa (en moneda del resto del mundo)
$FDISCAL_t$	factor de ajuste para FDI_t
$FPRDA_{f,a,t}$	índice de productividad para factor f en actividad a
$GDPMP_t$	PIB nominal a precios de mercado
$GOVRECGDP_{acgovrec,t}$	ingreso del gobierno acgovrec como proporción del PIB
$GOVSPNDGDP_{acgovspnd,t}$	gasto del gobierno acgovspnd como proporción del PIB
$IADJ_{i2,f,t}$	factor ajuste inversión pública en stock de capital f e inversión privada en stock capital f
$IADJ2_{i2,t}$	factor ajuste inversión total pública e inversión total privada
$INVVALG_t$	valor de la inversión del gobierno
$LABPARTRAT_t$	ratio entre fuerza de trabajo y población en edad de trabajar
$MPS_{i,t}$	propensión marginal a ahorrar hogares y empresas
$MPSSCAL_t$	factor de ajuste $MPS_{i,t}$
$NDFG_t$	financiamiento interno neto del gobierno
$NFFG_t$	financiamiento externo neto del gobierno (en moneda del resto del mundo)
$NFFNGSCAL_t$	factor de ajuste $NFFG_t$
$NFFNG_t$	financiamiento externo neto hogares y empresas (en moneda del resto del mundo)
$NGOVPAYGDP_{acngovpay,t}$	pagos hogares y empresas como proporción del PIB
$PA_{a,t}$	precio del producto de la actividad a
$PAREAL_{a,t}$	precio real del producto de la actividad a
$PDD_{c,t}$	precio de demanda producto c producido y consumido internamente
$PDS_{c,t}$	precio de oferta producto c producido y consumido internamente
$PDSREAL_{c,t}$	precio de oferta real producto c producido y consumido internamente
$PE_{c,t}$	precio de exportación producto c
$PEN_{a,t}$	precio agregado energía para actividad a

$PINTA_{a,t}$	precio agregado insumos intermedios para actividad a
$PK_{f,t}$	costo reposición por unidad stock de capital f
$PKEN_{a,t}$	precio agregado capital-energía para actividad a
$PLANDWAT_{a,t}$	precio agregado tierra-agua para actividad a
$PLL_{a,t}$	precio agregado trabajo-otros factores para actividad a
$PM_{c,t}$	precio de importación producto c
$POP_{ac,t}$	población de ac (hogares representativos y población en edad de trabajar)
$PQD_{c,d,t}$	precio de demanda agregado nacional e importado de producto c demandado por d (actividades e instituciones)
$PQS_{c,t}$	precio de oferta agregado nacional e importado de producto c demandado por d (actividades e instituciones)
$PQSREAL_{c,t}$	precio de oferta real agregado nacional e importado de producto c demandado por d (actividades e instituciones)
$PVA_{a,t}$	precio valor agregado para actividad a
$PWATA_{a,t}$	precio agregado agua para actividad a
$PX_{c,t}$	precio para productor de producto c
$QA_{a,t}$	nivel de actividad a
$QD_{c,t}$	cantidad producto c producido y consumido internamente
$QDEFOR_t$	deforestación (cambio en tierra forestal)
$QE_{c,t}$	cantidad exportaciones producto c
$QEN_{a,t}$	cantidad agregado energía para actividad a
$QF_{f,a,t}$	cantidad demandada de factor f por la actividad a
$QFINS_{i,f,t}$	dotación de factor f de institución i
$QFINSINIT_{i,f,t}$	dotación de factor f de institución i al inicio del período
$QFMIGR_{f,f',t}$	migración factorial desde f hacia f'
$QLANDUSE_{ac,t}$	cantidad de tierra en usos alternativos
$QFS_{f,t}$	oferta de factor f
$QG_{c,t}$	cantidad de producto c consumida (provista) por el gobierno
$QGSCAL_t$	factor de ajuste $QG_{c,t}$
$QH_{c,h,t}$	cantidad de producto c consumida por el hogar h
$QINT_{c,a,t}$	cantidad de producto c utilizada como insumo intermedio por la actividad a
$QINTA_{a,t}$	cantidad agregado insumos intermedios para actividad a
$QINV_{c,t}$	cantidad demandada de producto c para inversión
$QKEN_{a,t}$	cantidad agregado capital-energía para actividad a
$QLABSCAL_t$	factor de ajuste oferta laboral para imponer tasa de participación
$QLANDWAT_{a,t}$	cantidad agregado tierra-agua para actividad a
$QLL_{a,t}$	cantidad agregado trabajo-otros factores para actividad a
$QM_{c,t}$	cantidad importaciones producto c
$QNGO_{c,t}$	cantidad de producto c consumida (provista) por el las ISFLSH
$QNGOSCAL_{c,t}$	factor de ajuste $QNGO_{c,t}$
$QQ_{c,t}$	cantidad ofertada de producto c
$QT_{c,t}$	cantidad demandada de comercio y transporte para producto c

$QTRSTF_{c,t}$	cantidad consumida de producto c por los turistas internacionales
$QVA_{a,t}$	cantidad de valor agregado en actividad a
$QWATA_{a,t}$	cantidad agregado agua para actividad a
$QX_{c,t}$	cantidad producida de producto c
$REGPA_{a,t}$	regulación de precio actividad a
$REGPQS_{c,t}$	regulación de precio de oferta nacional e importada producto c
$REXR_t$	tipo de cambio real
$RGDPFC$	PIB real a costo de factores (a precios constantes del año base)
$RGDPMP_t$	PIB real a precios de comprador (a precios constantes del año base)
$SAVF_t$	ahorro del resto del mundo (en moneda del resto del mundo)
$SAVINS_{i,t}$	ahorro de hogares y empresas
$SHIF_{i,f,t}$	participación institución i en ingreso del factor f
$SUBCT_t$	gasto total en subsidies al consumes
$SURPG_t$	superávit del gobierno
$TFP_{a,t}$	índice de PTF sectorial
$TRNSFR_{ac,i,t}$	transferencias desde institución i hacia ac
$TRNSFRSCAL_{a,t}$	factor ajuste $TRNSFR_{ac,i,t}$
$UERAT_{f,t}$	tasa de desempleo factor f
$WALRAS_t$	variable para comprobar cumplimiento Ley de Walras; se satisface si valor es cero.
$WF_{f,t}$	remuneración factor f
$WFAVG_{f,t}$	remuneración promedio factor f
$WFDIST_{f,a,t}$	diferencial salarial factor f en actividad a
$WFRAT_{f,f',a,t}$	cociente entre remuneraciones factores f' y f
$YF_{f,t}$	ingreso del factor f
YG_t	ingreso corriente del gobierno
$YIF_{i,f,t}$	ingreso de la institución i del factor f
$YI_{i,t}$	ingreso de hogares y empresas

La tabla 4 presenta los parámetros de IEEM, identificados con letras latinas, mientras que la tabla 5 presenta los parámetros identificados con letras griegas.

Tabla 4. Parámetros letras latinas.

Nombre	Descripción
$capcomp_{c,f}$	cantidad de producto c por unidad de capital f
$cwts_{c,h}$	ponderación del producto c en canasta de consumo del hogar h
$depr_{f,t}$	tasa de depreciación del capital f
drf_t	cambio en reservas internacionales (en moneda del resto del mundo)
$ddkins_{i2,f,t}$	cambio exógeno en formación bruta de capital fijo real para govz y ngovz
$dkinsb_{i2,f,t}$	componente exógeno formación bruta de capital fijo real para govz y ngovz

$dwts_c$	ponderación del producto c en DPI_t (índice de precios productor con $PDS_{c,t}$)
$iadj01_f$	parámetro 0-1 para flexibilizar inversión del gobierno
$ica_{c,a}$	consumo intermedio producto c por unidad de agregado insumos intermedios para actividad a
$icd_{c,c'}$	insumo de producto c (comercio y transporte) por unidad de producto c' producido y vendido internamente
$ice_{c,c'}$	insumo de producto c (comercio y transporte) por unidad de producto c' exportado
$icm_{c,c'}$	insumo de producto c (comercio y transporte) por unidad de producto c' importado
$iemi_{ghg,ac,ac',t}$	emisiones por unidad utilizada de producto c o factor f por demandante ac'
$ifa_{f,a,t}$	demanda de factor f por unidad producida de actividad a
$inta_a$	agregado insumos intermedios por unidad de actividad a
iva_a	valor agregado por unidad de actividad a
$mpsb_{i,t}$	propensión marginal a ahorrar para hogares y empresas
$mpk_{a,f,t}$	producto marginal del capital f en actividad a
$pqdist_{c,d,t}$	factor de distorsión precio del producto c para demandante a
$pwe_{c,t}$	precio de exportación producto c (en moneda del resto del mundo)
$pwm_{c,t}$	precio de importación producto c (en moneda del resto del mundo)
$qdeforb_t$	deforestación (cambio en tierra forestal)
$qdstk_{i2,c,t}$	variación de existencias
$qfsexog_{f,t}$	oferta exógena factor f
$qgb_{c,t}$	cantidad exógena de producto c consumida por el hogar h
$qheff_{c,h,t}$	parámetro de eficiencia consumo de producto c del hogar h
$qngob_{c,ngo,t}$	cantidad exógena de producto c consumida (provista) por el las ISFLSH
$qtrstfb_{c,t}$	cantidad exógena consumida de producto c por los turistas internacionales
$shii_{i,i'}$	participación institución i en ingreso post impuestos y ahorro de institución i'
$shland_{f,t}$	shares of land types
$shyregpa_{ac,a,t}$	participación institución o factor en ingreso por regulación precio actividad a
$shyregpqs_{ac,c,t}$	participación institución o factor en ingreso por regulación precio oferta agregado nacional e importado de producto c
$subc_{c,d,t}$	tasa del subsidio al consumo de producto c del demandante d
$ta_{a,t}$	tasa del impuesto a la producción de la actividad a
$te_{c,t}$	tasa del impuesto a la exportación del producto c
$tf_{f,t}$	tasa del impuesto al ingreso del factor f
$tfact_{f,a,t}$	tasa del impuesto al uso del factor f en la actividad a
$tfp01_a$	parámetro [0-1] que determina la tasa de crecimiento de la TFP sectorial cuando se impone tasa crecimiento del PIB
$tfpexog_t$	componente exógeno productividad total de los factores
$tm_{c,t}$	tasa del arancel a las importaciones de producto c
$tq_{c,t}$	tasa del impuesto a las ventas de producto c
$trnsfrb_{i,ac,t}$	componente exógeno transferencias desde ins hacia ac

$tvac_{c,d,t}$	tasa del impuesto al valor agregado para el consumo de producto c del demandante d
$ty_{i,t}$	tasa del impuesto al ingreso de hogares y empresas

Tabla 5. Parámetros letras griegas.

Nombre	Descripción
$\theta_{a,c}$	producción de producto c por unidad de actividad a
$\delta_{f,a}^{va}$	parámetro de distribución del factor f en función de producción CES valor agregado actividad a
φ_a^{va}	parámetro de escala en función de producción CES valor agregado actividad a
σ_a^{va}	elasticidad de sustitución en función de producción CES valor agregado actividad a
ρ_a^{va}	exponente en función de producción CES valor agregado actividad a
δ_a^{ken}	parámetro de distribución del agregado KEN en función CES agregado actividad a (LL+KEN+LANDWAT)
δ_a^{ll}	parámetro de distribución del agregado LL en función CES agregado actividad a (LL+KEN+LANDWAT)
$\delta_a^{landwat}$	parámetro de distribución del agregado LANDWAT en función CES agregado actividad a (LL+KEN+LANDWAT)
δ_a^k	parámetro de distribución del agregado K en función CES agregado actividad a (KEN)
δ_a^{en}	parámetro de distribución del agregado EN en función CES agregado actividad a (KEN)
φ_a^{ken}	parámetro de escala en función CES agregado actividad a (KEN)
σ_a^{ken}	elasticidad de sustitución en función CES agregado actividad a (KEN)
ρ_a^{ken}	exponente en función CES agregado actividad a (KEN)
$\gamma_{f,a}^{ll}$	parámetro de distribución del agregado LL en función CES agregado actividad a LL
φ_a^{ll}	parámetro de escala en función CES agregado actividad a LL
σ_a^{ll}	elasticidad de sustitución en función CES agregado actividad a LL
ρ_a^{ll}	exponente en función CES agregado actividad a LL
$\gamma_{c,a}^{en}$	parámetro de distribución del agregado E en función CES agregado actividad a EN
φ_a^{en}	parámetro de escala en función CES agregado actividad a EN
σ_a^{en}	elasticidad de sustitución en función CES agregado actividad a EN
ρ_a^{en}	exponente en función CES agregado actividad a EN
$\delta_{f,a}^{land}$	parámetro de distribución del agregado LAND en función CES agregado actividad a LANDWAT
δ_a^{wat}	parámetro de distribución del agregado WAT en función CES agregado actividad a LANDWAT
$\varphi_a^{landwat}$	parámetro de escala en función CES agregado actividad a LANDWAT
$\sigma_a^{landwat}$	elasticidad de sustitución en función CES agregado actividad a LANDWAT
$\rho_a^{landwat}$	exponente en función CES agregado actividad a LANDWAT
$\gamma_{ac,a}^{wat}$	parámetro de distribución en función CES agregado actividad a WAT (producto o factor)

φ_a^{wat}	parámetro de escala en función CES agregado actividad a WAT (producto o factor)
σ_a^{wat}	elasticidad de sustitución en función CES agregado actividad a WAT (producto o factor)
ρ_a^{wat}	exponente en función CES agregado actividad a WAT (producto o factor)
δ_c^{dd}	parámetro de distribución de productos nacionales en agregado CES nacional e importado de producto c
δ_c^m	parámetro de distribución productos importados en agregado CES nacional e importado de producto c
φ_c^q	parámetro de escala en agregado CES nacional e importado de producto c
σ_c^q	elasticidad de sustitución en agregado CES nacional e importado de producto c
ρ_c^q	exponente en agregado CES nacional e importado de producto c
δ_c^{ds}	parámetro de distribución de productos nacionales en función CET para producto c
δ_c^e	parámetro de distribución de productos exportados en función CET para producto c
φ_c^x	parámetro de escala en función CET para producto c
σ_c^x	elasticidad de sustitución en función CET para producto c
ρ_c^x	exponente en función CET para producto c
$\alpha_{i,t}^{sav}$	ordenada al origen en función de ahorro hogares y empresas
$\beta_{c,h}$	parámetro de distribución en función LES para consumo hogar h de producto c
$\gamma_{c,h}^{min}$	consumo mínimo en función LES para consumo hogar h de producto c
$\delta_{c,h}^{qh}$	parámetro de distribución en función CES consumo hogares nivel inferior función de utilidad
$\varphi_{c,h}^{qh}$	parámetro de escala en función CES consumo hogares nivel inferior función de utilidad
$\sigma_{c,h}^{qh}$	elasticidad de sustitución en función CES consumo hogares nivel inferior función de utilidad
$\rho_{c,h}^{qh}$	exponente en función CES consumo hogares nivel inferior función de utilidad
η_f^{wf}	elasticidad de la remuneración del factor f respecto de la tasa de desempleo en curva de salarios
η_f^{migr}	elasticidad de la migración del factor f respecto del cociente de remuneraciones promedios
η_f^{qfs}	elasticidad de la oferta de factor f respecto de su remuneración promedio
κ_f	sensibilidad del nuevo capital f a diferencias en las tasas de retorno entre actividades

En la sección que sigue, presentamos las ecuaciones de IEEM agrupadas en los 13 bloques. En lo que sigue, y para ahorrar espacio, esta presentación matemática realiza algunas simplificaciones respecto de las opciones disponibles en el código GAMS del modelo.

3.2 Ecuaciones: Función de Producción y Precios Vinculados

En primer lugar, describimos la función de producción de IEEM. Las ecuaciones PF1 y PF2 determinan la utilización de valor agregado e insumos intermedios como proporciones fijas del nivel de producción, respectivamente. Como veremos, IEEM extiende el concepto de valor agregado para permitir la sustitución entre factores de producción e insumos intermedios seleccionados. Por ejemplo, IEEM permite sustituir pasturas naturales por alimento balanceado en la producción ganadera.

PF1	$QVA_{a,t} = iva_a \cdot QA_{a,t}$	$t \in T$ $a \in A$
PF2	$QINTA_{a,t} = inta_a \cdot QA_{a,t}$	$t \in T$ $a \in A$

3.2.1 Valor Agregado – Energía – Agua.

La función de producción de VA anida varias funciones CES (Elasticidad de Sustitución Constante) cuyos componentes describimos a continuación. En esta presentación de IEEM suponemos que el valor agregado extendido incluye los siguientes componentes: factores primarios de producción (e.g., trabajo y capital físico y natural), energía, y agua. La energía se combina con el capital ($QKEN_{a,t}$) al tiempo que la tierra se combina con el agua ($QLANDWAT_{a,t}$). La ecuación PF3, entonces, combina los dos agregados mencionados junto con otros factores de producción (i.e., trabajo y otros) para producir VA extendido. El último término de la ecuación PF3 se refiere al efecto potencial (y típicamente positivo) que el stock de infraestructura pública puede tener sobre la productividad total de los factores; el parámetro $mpk_{a,f,t}$ mide el producto marginal del stock de capital f sobre el VA de la actividad a . La magnitud $QFINS_{i,f,t} - QFINS_{i,f,t}^0$ es la diferencia del stock de capital f respecto del registrado en el escenario de referencia o base. Las ecuaciones PF4-PF6 son las Condiciones de Primer Orden (CPO) que, dados sus precios, determinan las demandas óptimas de los agregados $QKEN_{a,t}$, $QLL_{a,t}$ y $QLANDWAT_{a,t}$, respectivamente.

PF3	$QVA_{a,t} = TFP_{a,t} \cdot \varphi_a^{va} \left(\delta_a^{ken} \cdot QKEN_{a,t}^{-\rho_a^{va}} + \delta_a^{ll} \cdot QLL_{a,t}^{-\rho_a^{va}} + \delta_a^{landwat} \cdot QLANDWAT_{f,a,t}^{-\rho_a^{va}} \right)^{\frac{-1}{\rho_a^{va}}} + \sum_{f \in FCAP} \sum_{i \in INS} mpk_{a,f,t} (QFINS_{i,f,t} - QFINS_{i,f,t}^0)$	$t \in T$ $a \in A$
PF4	$PKEN_{a,t} = PVA_{a,t} \cdot QVA_{a,t} \left(\delta_a^{ken} \cdot QKEN_{a,t}^{-\rho_a^{va}} + \delta_a^{ll} \cdot QLL_{a,t}^{-\rho_a^{va}} + \delta_a^{landwat} \cdot QLANDWAT_{f,a,t}^{-\rho_a^{va}} \right)^{-1} \delta_a^{ken} \cdot QKEN_{a,t}^{-\rho_a^{va}-1}$	$t \in T$ $a \in A$
PF5	$PLL_{a,t} = PVA_{a,t} \cdot QVA_{a,t} \left(\delta_a^{ken} \cdot QKEN_{a,t}^{-\rho_a^{va}} + \delta_a^{ll} \cdot QLL_{a,t}^{-\rho_a^{va}} + \delta_a^{landwat} \cdot QLANDWAT_{f,a,t}^{-\rho_a^{va}} \right)^{-1} \delta_a^{ll} \cdot QLL_{a,t}^{-\rho_a^{va}-1}$	$t \in T$ $a \in A$
PF6	$PLANDWAT_{a,t} = PVA_{a,t} \cdot QVA_{a,t} \left(\delta_a^{ken} \cdot QKEN_{a,t}^{-\rho_a^{va}} + \delta_a^{ll} \cdot QLL_{a,t}^{-\rho_a^{va}} + \delta_a^{landwat} \cdot QLANDWAT_{f,a,t}^{-\rho_a^{va}} \right)^{-1} \delta_a^{landwat} \cdot QLANDWAT_{a,t}^{-\rho_a^{va}-1}$	$t \in T$ $a \in A$

3.2.2 Capital – Energía

Las ecuaciones PF7-PF9 determinan la composición capital-energía del agregado $QKEN_{a,t}$ descrito más arriba. La función de producción CES que combina factor capital con el agregado de energía $QEN_{a,t}$ aparece en la ecuación PF7. Las ecuaciones PF8 y PF9 son las CPO que determinan las demandas de capital y del agregado de energía, respectivamente. Las ecuaciones incluyen la variable exógena $\overline{FPRDA}_{f,a,t}$ que permite modelar cambios en el nivel de productividad del factor capital.

PF7	$QKEN_{a,t} = \varphi_a^{ken} \left(\delta_a^{ken} (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{ken}} + \delta_a^{en} \cdot QEN_{a,t}^{-\rho_a^{ken}} \right)^{\frac{-1}{\rho_a^{ken}}}$	$t \in T$ $f \in FCAPNG$ $a \in A$
-----	--	--

PF8	$WFA_{f,a,t} = PKEN_{a,t} \cdot QKEN_{a,t} \left(\delta_a^k (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{ken}} + \delta_a^{en} \cdot QEN_{a,t}^{-\rho_a^{ken}} \right)^{-1} \delta_a^k \cdot QF_{f,a,t}^{-\rho_a^{ken}-1} \cdot \overline{FPRDA}_{f,a,t}^{-\rho_a^{ken}}$	$t \in T$ $f \in FCAPNG$ $a \in A$
PF9	$PEN_{f,a,t} = PKEN_{a,t} \cdot QKEN_{a,t} \left(\delta_a^k (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{k,a,t})^{-\rho_a^{ken}} + \delta_a^{en} \cdot QEN_{a,t}^{-\rho_a^{ken}} \right)^{-1} \delta_a^{en} \cdot QEN_{f,a,t}^{-\rho_a^{ken}-1}$	$t \in T$ $f \in FCAPNG$ $a \in A$

3.2.3 Otros Factores

Las ecuaciones PF10 y PF11 se aplican a los factores productivos que aparecen en el nivel superior de la función de producción (i.e., los contenidos en el conjunto $FNCAPVA1$); típicamente, trabajo y recursos naturales diferentes de la tierra). La ecuación PF10 es la función CES que agrega a los distintos factores individuales en $QLL_{a,t}$. La ecuación PF11 es la CPO que determina cuánto de cada factor individual se emplea. Nuevamente, la variable exógena $\overline{FPRDA}_{f,a,t}$ permite simular cambios en la productividad de cada factor considerado de forma individual. La ecuación PF12 se aplica a factores productivos que se demandan en una proporción constante respecto del nivel de producción. En consecuencia, existe una relación de proporcionalidad constante entre oferta de dicho factor y nivel de producción de dicha actividad.

PF10	$QLL_{a,t} = \varphi_a^{ll} \left(\sum_{f \in FNCAPVA1} \gamma_a^k (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{ll}} \right)^{\frac{-1}{\rho_a^{ll}}}$	$t \in T$ $a \in A$
PF11	$WFA_{f,a,t} = PLL_{a,t} \cdot QLL_{a,t} \left(\sum_{f \in FNCAP} \gamma_a^k (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{k,a,t})^{-\rho_a^{ll}} \right)^{-1} \gamma_a^k QF_{f,a,t}^{-\rho_a^{ll}-1} \cdot \overline{FPRDA}_{f,a,t}^{-\rho_a^{ll}}$	$t \in T$ $f \in FNCAPVA1$ $a \in A$
PF12	$QF_{f,a,t} = \frac{ifa_{f,a,t}}{\left(1 + fleo01_{f,a} \left(\frac{TFP_{a,t}}{TFP_a^{00}} - 1 \right) \right)} QA_{a,t}$	$t \in T$ $f \in FLEO$ $a \in A$

3.2.4 Energía

La ecuación PF13 define el agregado de energía $QEN_{a,t}$ como una función CES que combina los distintos productos energéticos contenidos en el conjunto CEN . La ecuación PF14 es la CPO que determina la demanda intermedia de cada producto energético particular. En la práctica, esta formulación permite considerar el caso en que un mismo sector productivo puede sustituir entre fuentes alternativas de energía (e.g., gas natural versus electricidad).

PF13	$QEN_{a,t} = \varphi_a^{en} \left(\sum_{c \in CEN} \gamma_{c,a}^{en} \cdot QINT_{c,a,t}^{-\rho_a^{en}} \right)^{\frac{-1}{\rho_a^{en}}}$	$t \in T$ $a \in A$
PF14	$PQD_{c,a,t} = PEN_{a,t} \cdot QEN_{a,t} \left(\sum_{c \in CEN} \gamma_{c,a}^{en} \cdot QINT_{c,a,t}^{-\rho_a^{en}} \right)^{-1} \gamma_a^{en} \cdot QINT_{c,a,t}^{-\rho_a^{en}-1}$	$t \in T$ $c \in CEN$ $a \in A$

3.2.5 Tierra – Agua

Las ecuaciones PF15-PF17 modelan el agregado de agua y tierra que, típicamente, aparece en las funciones de producción de los sectores agrícolas. La ecuación PF15 emplea una función CES para combinar los factores identificados como tierra y el agregado de productos y/o factores identificados como agua ($QWATA_{a,t}$). Como veremos, IEEM permite que exista movilidad imperfecta entre distintos tipos de tierra. Las ecuaciones PF16 y PF17 son las CPO que determinan las demandas de tierra y el agregado de agua, respectivamente. La formulación es similar a la empleada en casos anteriores.

PF15	$QLANDWAT_{a,t}$ $= \varphi_a^{landwat} \left(\sum_{f \in FLAND} \delta_{f,a}^{land} (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{landwat}} + \delta_{f,a}^{wat} \cdot QWATA_{a,t}^{-\rho_a^{landwat}} \right)^{\frac{-1}{\rho_a^{landwat}}}$	$t \in T$ $a \in A$
------	--	------------------------

PF16	$WFA_{f,a,t} = PLANDWAT_{a,t} \cdot QLANDWAT_{a,t} \left(\sum_{f \in FLAND} \delta_{f,a}^{land} (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{landwat}} + \delta_{f,a}^{wat} \right)^{-1} \cdot QWATA_{a,t}^{-\rho_a^{landwat}} \cdot FPRDA_{f,a,t}^{-\rho_a^{landwat}} \cdot \delta_{f,a}^{land} \cdot QF_{f,a,t}^{-\rho_a^{landwat}-1}$	$t \in T$ $f \in FLAND$ $a \in A$
PF17	$PWATA_{a,t} = PLANDWAT_{a,t} \cdot QLANDWAT_{a,t} \left(\sum_{f \in FLAND} \delta_{f,a}^{land} (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{landwat}} + \delta_{f,a}^{wat} \right)^{-1} \cdot QWATA_{a,t}^{-\rho_a^{landwat}} \cdot \delta_{f,a}^{wat} \cdot QWATA_{a,t}^{-\rho_a^{landwat}-1}$	$t \in T$ $a \in A$

3.2.6 Agua

Las ecuaciones PF18-PF20 determinan la composición del agregado de agua $QWATA_{a,t}$. Las distintas fuentes de agua se combinan mediante una función CES en la ecuación PF17. En términos generales, las actividades productivas pueden tomar agua del ambiente (ecuación PF18) y/o de otras actividades productivas (ecuación PF19). En el primer caso se trata, por ejemplo, de cultivos de secano. En el segundo caso se trata, por ejemplo, de cultivos con irrigación.

PF18	$QWATA_{a,t} = \varphi_a^{wat} \left(\sum_{f \in FWAT} \gamma_{f,a}^{wat} (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{wat}} + \sum_{c \in CWAT} \gamma_{c,a}^{wat} \cdot QINT_{c,a,t}^{-\rho_a^{wat}} \right)^{\frac{-1}{\rho_a^{wat}}}$	$t \in T$ $a \in A$
------	---	------------------------

PF19	$WFA_{f,a,t} = PWATA_{a,t} \cdot QWATA_{a,t} \left(\sum_{f \in FWAT} \gamma_{f,a}^{wat} (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{wat}} + \sum_{c \in CWAT} \gamma_{c,a}^{wat} \cdot QINT_{c,a,t}^{-\rho_a^{wat}} \right)^{-1} \cdot QF_{f,a,t}^{-\rho_a^{wat}-1} \cdot \overline{FPRDA}_{f,a,t}^{-\rho_a^{wat}}$	$\begin{aligned} t &\in T \\ f &\in FWAT \\ a &\in A \end{aligned}$
PF20	$PQD_{c,a,t} = PWATA_{a,t} \cdot QWATA_{a,t} \left(\sum_{f \in FWAT} \gamma_{f,a}^{wat} (\overline{FPRDA}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t})^{-\rho_a^{wat}} + \sum_{c \in CWAT} \gamma_{c,a}^{wat} \cdot QINT_{c,a,t}^{-\rho_a^{wat}} \right)^{-1} \cdot QINT_{c,a,t}^{-\rho_a^{wat}-1}$	$\begin{aligned} t &\in T \\ c &\in CWAT \\ a &\in A \end{aligned}$

3.2.7 Otra Producción

En este bloque de ecuaciones se completa la función de producción. La ecuación PF21 completa la presentación del valor agregado extendido definiendo la productividad total de los factores. Para simplificar, en esta presentación solo se identifica un componente exógeno dado por el parámetro $tfpexog_{a,t}$. La variable $CALTFP_t$ se vuelve endógena cuando se desea imponer una trayectoria dada al PIB; típicamente, en la generación del escenario de referencia o base. La ecuación PF22 determina la demanda intermedia de cada producto por parte de cada una de las actividades productivas. En este caso, se supone que los insumos intermedios se combinan en proporciones fijas; alternatively, se emplea una función de producción tipo Leontief. La ecuación PF23 convierte la producción de las actividades en producción de productos. Para ello, emplea un coeficiente de rendimiento $\theta_{a,c}$ que indica cuánto se produce de producto c por unidad producida de actividad a .

PF21	$TFP_{a,t} = tfpexog_{a,t}(1 + tfp01_a \cdot \overline{CALTFP}_t)$	$\begin{aligned} t &\in T \\ a &\in A \end{aligned}$
PF22	$QINT_{c,a,t} = ica_{c,a,t} \cdot QINTA_{a,t}$	$\begin{aligned} t &\in T \\ c &\in C \\ a &\in A \end{aligned}$

PF23	$QX_{c,t} = \sum_{a \in A} \theta_{a,c} \cdot QA_{a,t}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ c \in C \end{array}$
------	---	---

3.2.8 Precios Producción

En este bloque de ecuaciones se definen los precios directamente vinculados con la producción de bienes y servicios. Las ecuaciones PR1 y PR2 definen las remuneraciones de los factores productivos móviles e inmóviles entre sectores, respectivamente. El parámetro $tfact_{f,a,t}$ es la tasa del impuesto a la utilización de factor f por parte de la actividad a . (IEEM permite, además, considerar la existencia de una institución vinculada con la seguridad social que recauda impuestos similares pero definidos explícitamente como contribuciones a la seguridad social. A su vez, esta institución puede proveer bienes y servicios y/o hacer transferencias a otras instituciones, típicamente hogares.) La ecuación PR3 define el precio del valor agregado como la diferencia entre el ingreso de la actividad y el costo de los insumos intermedios. Por último, la ecuación PR4 define el precio del agregado de insumos intermedios que definimos más arriba.

PR1	$WFA_{f,a,t} = WF_t \cdot \overline{WFDIST}_{f,a,t} \cdot (1 + tfact_{f,a,t})$	$\begin{array}{l} t \in T \\ f \\ \in FMOB \\ a \in A \end{array}$
PR2	$WFA_{f,a,t} = \overline{WF}_t \cdot WFDIST_{f,a,t} \cdot (1 + tfact_{f,a,t})$	$\begin{array}{l} t \in T \\ f \\ \in FNMOb \\ a \in A \end{array}$
PR3	$\begin{aligned} PVA_{a,t} \cdot QVA_{a,t} \\ = PA_{a,t}(1 - ta_{a,t} - REGPA_{a,t})QA_{a,t} - PINTA_{a,t} \\ \cdot QINTA_{a,t} \end{aligned}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ a \in A \end{array}$
PR4	$PINTA_{a,t} = \sum_{\substack{c \in C \\ (c \notin CEN \\ c \notin CWAT)}} PQD_{c,a,t} \cdot ica_{c,a}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ a \in A \end{array}$
PR5	$PA_{a,t} = \sum_{c \in C} \theta_{a,c} \cdot PX_{c,t}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ a \in A \end{array}$

3.2.9 Función de Producción Minería

Los sectores de producción mineros pueden modelarse con una función de producción particular que supone una relación inversa entre productividad factorial y stock de recurso remanente en el subsuelo. Así, cuanto menor es el stock remanente en el subsuelo, más costoso se vuelve extraerlo. En otras palabras, IEEM permite suponer que la extracción de productos minerales está limitada por el stock remanente de recursos extractivos. La ecuación MIN1 es la función de producción de los sectores mineros. En este caso, se agrega una variable de productividad total de los factores ($TFPA_{a,t}$) específica de la actividad minera, y que definimos a continuación. La ecuación MIN2 vincula la PTF de los sectores mineros con el stock de recursos extractivos remanente en el subsuelo. En particular, se supone que el costo marginal de extracción crece a medida que el stock ($QSTKMIN_{a,t}$) se reduce. IEEM permite, además, extender la ecuación MIN3 para incluir nuevos descubrimientos de minerales que podrían más que compensar la extracción capturada en $QA_{a,t}$.

MIN1	$QA_{a,t} = TFPA_{a,t} \cdot \varphi_a^{va} \left(\sum_{f \in F} \delta_{f,a}^{va} \cdot Q_{F_{f,a}}^{-\rho_a^{va}} \right)^{\frac{-1}{\rho_a^{va}}}$	$t \in T$ $a \in AMIN$
MIN2	$TFPA_{a,t} = QSTKMIN_{a,t}^{\eta_a^{min}} \varphi_a^{min}$	$t \in T$ $a \in AMIN$
MIN3	$QSTKMIN_{a,t} = QSTKMIN_{a,t-1} - QA_{a,t}$	$t \in T$ $a \in AMIN$

3.2.10 Función de Producción Pesca

Los sectores pesqueros pueden modelarse con una función de producción que incorpora elementos bioeconómicos. En particular, puede suponerse que el stock del recurso pesquero crece de acuerdo a una función logística, ampliamente utilizada para modelar este tipo de fenómenos. Matemáticamente, la función de producción de los sectores pesqueros consta de dos partes. La ecuación FHS1 determina la evolución de los stocks pesqueros ($QB_{a,t}$) en función de su tasa de crecimiento intrínseca ($grwfs h_a$), la capacidad de carga del ambiente ($kfs h_a$), y el volumen de captura ($QA_{a,t}$). A continuación, se emplea una función de captura clásica ampliamente empleada en el análisis bioeconómico. En particular, el volumen de captura se modela como

$$QA_{a,t} = q_a \cdot QB_{a,t} \cdot E_{a,t}$$

donde q_a es un coeficiente (exógeno) de captura, $QB_{a,t}$ es el stock del recurso pesquero, y $E_{a,t}$ es el esfuerzo pesquero. En IEEM, las ecuaciones FSH2 y FSH3 representan la función de captura. En ellas, el esfuerzo se reemplaza por una función de producción de valor agregado similar a la empleada más arriba. En la práctica, pueden considerarse funciones de producción más complejas en las que las distintas especies acuáticas interactúan entre sí; i.e., cuando una especie es alimento de otra.

FSH1	$QB_{a,t} = QB_{a,t-1} + \left[grw fsh_a \cdot QB_{a,t-1} \left(1 - \frac{QB_{a,t-1}}{k fsh_a} \right) \right] - QA_{a,t}$	$t \in T$ $a \in AFSH$
FSH2	$QA_{a,t} = TFPA_{a,t} \cdot \varphi_a^{va} \left(\sum_{f \in F} \delta_{f,a}^{va} \cdot QF_{f,a}^{-\rho_a^{va}} \right)^{\frac{-1}{\rho_a^{va}}}$	$t \in T$ $a \in AFSH$
FSH3	$TFPA_{a,t} = q_a \cdot QB_{a,t}$	$t \in T$ $a \in AFSH$

3.3 Comercio Interno e Internacional

IEEM modela el comercio interno e internacional de la forma más usual en modelos de EGC. En particular, y siguiendo el supuesto de Armington (1969), suponemos que los productos se diferencian de acuerdo con su país de origen. Así, productos nacionales e importados son sustitutos imperfectos por el lado de la demanda. A su vez, ventas internas y externas también son sustitutos imperfectos desde el punto de vista del productor. En otras palabras, modificar el destino de la producción nacional trae un costo aparejado.

Los precios internos de importaciones y exportaciones se determinan en las ecuaciones TR1 y TR2, respectivamente. En ambos casos, se incluyen políticas comerciales (i.e., aranceles para las importaciones e impuestos a las exportaciones) junto con los costos de distribución (i.e., comercialización y transporte). En el último caso, se trata del costo que conlleva trasladar mercaderías (a) desde el productor hacia el puerto de salida para las exportaciones, y (b) desde el puerto de entrada hacia el consumidor para las importaciones. En las ecuaciones TR1 y TR2, estos costos son proporcionales a las cantidades importadas y exportadas, respectivamente (i.e., ver coeficientes $icm_{c',c}$ y $ice_{c',c}$). La ecuación TR3 es similar a TR1 y TR2 pero se refiere a productos nacionales que se venden internamente. En este caso, solo se aplican los costos de distribución. (Típicamente, no se gravan las ventas de productos nacionales excluyendo a las importaciones.) Las ecuaciones TR4-TR5 determinan la composición nacional/importado de cada uno de los bienes y servicios que se consumen. La ecuación TR4' reemplaza a la ecuación

TR4 para los productos que tienen un único origen; en este caso, además, la ecuación TR5 se excluye del modelo. Las ecuaciones TR6 y TR7 determinan los precios de oferta y demanda de cada producto, respectivamente. IEEM identifica impuestos y subsidios a las ventas de productos e impuestos tipo IVA. Los subsidios pueden diferir entre demandantes de un determinado producto.

Las ecuaciones TR8-TR10 modelan la elección sobre ventas a los mercados internos y externos que enfrentan los productores del país modelado. La ecuación TR8 es una función CET (Elasticidad de Transformación Constante) que desagrega la producción total de cada producto ($QX_{c,t}$) en los volúmenes destinados a los mercados interno ($QD_{c,t}$) y externo ($QE_{c,t}$). La ecuación TR9 muestra que las ventas a uno y otro mercado se determinan en función de sus precios relativos; ceteris paribus, un incremento del precio mundial de las exportaciones de producto c incrementará el ratio $QE_{c,t}/QD_{c,t}$. La ecuación TR8' reemplaza a la ecuación TR9 para los productos que solo se venden solo en uno de los mercados; además, en este caso la ecuación TR9 se excluye del modelo. La ecuación TR10 determina el precio de la producción nacional como un promedio de los precios que se reciben en cada uno de los dos mercados mencionados. Por último, la ecuación TR11 determina la demanda de productos vinculados con los márgenes de distribución que, típicamente, corresponden a servicios de comercialización y transporte.

IEEM permite, además, (a) diferenciar entre socios comerciales como destino (origen) de las exportaciones (importaciones), (b) suponer que las ventas internas son exógenas al tiempo que las exportaciones se determinan de forma residual, y (c) suponer que las exportaciones son exógenas al tiempo que las ventas internas se determinan de forma residual.

TR1	$PM_{c,t} = (1 + tm_{c,t})EXR_t \cdot pwm_{c,t} + \sum_{c' \in CT} PQD_{c',tacm,t} \cdot icm_{c',c}$	$t \in T$ $c \in C$
TR2	$PE_{c,t} = (1 - te_{c,t})EXR_t \cdot pwe_{c,t} - \sum_{c' \in CT} PQD_{c',tace,t} \cdot ice_{c',c}$	$t \in T$ $c \in C$
TR3	$PDD_{c,t} = PDS_{c,t} + \sum_{c' \in CT} PQD_{c',tacd,t} \cdot icd_{c',c}$	$t \in T$ $c \in C$
TR4	$QQ_{c,t} = \varphi_c^q \left(\delta_c^m \cdot QM_{c,t}^{-\rho_c^q} + \delta_c^{dd} \cdot QD_{c,t}^{-\rho_c^q} \right)^{\frac{-1}{\rho_c^q}}$	$t \in T$ $c \in C$
TR4'	$QQ_{c,t} = QM_{c,t} + QD_{c,t}$	$t \in T$ $c \in C$

TR5	$\frac{QM_{c,t}}{QD_{c,t}} = \left(\frac{PDD_{c,t}}{PM_{c,t}} \cdot \frac{\delta_c^m}{\delta_c^{dd}} \right)^{\sigma_c^q}$	$t \in T$ $c \in C$
TR6	$PQS_{c,t} \cdot QQ_{c,t} = PDD_{c,t} \cdot QD_{c,t} + PM_{c,t} \cdot QM_{c,t}$	$t \in T$ $c \in C$
TR7	$PQD_{c,d,t} = PQS_{c,t} (1 + tq_{c,t}) (1 - subc_{c,d,t}) (1 + tvac_{c,d,t})$	$t \in T$ $c \in C$ $d \in D$
TR8	$QX_{c,t} = \varphi_c^x \left(\delta_c^e \cdot QE_{c,t}^{\rho_c^x} + \delta_c^{ds} \cdot QD_{c,t}^{\rho_c^x} \right)^{\frac{1}{\rho_c^x}}$	$t \in T$ $c \in C$
TR8'	$QX_{c,t} = QE_{c,t} + QD_{c,t}$	$t \in T$ $c \in C$
TR9	$\frac{QE_{c,t}}{QD_{c,t}} = \left(\frac{PE_{c,t}}{PDS_{c,t}} \cdot \frac{\delta_c^{ds}}{\delta_c^e} \right)^{\sigma_c^x}$	$t \in T$ $c \in C$
TR10	$PX_{c,t} \cdot QX_{c,t} = PDS_{c,t} \cdot QD_{c,t} + PE_{c,t} \cdot QE_{c,t}$	$t \in T$ $c \in C$
TR11	$QT_{c,t} = \sum_{c' \in C} icd_{c,c'} \cdot QD_{c',t} + \sum_{c' \in C} icm_{c,c'} \cdot QM_{c',t} + \sum_{c' \in C} ice_{c,c'} \cdot QE_{c',t}$	$t \in T$ $c \in CT$

3.4 Ingresos Factoriales

Las ecuaciones en este grupo determinan la distribución funcional del ingreso (i.e., el ingreso factorial) junto con la distribución del ingreso factorial entre sectores institucionales. La ecuación F1 utiliza las dotaciones factoriales para calcular la participación de cada institución en el ingreso total de cada factor. Las ecuaciones F2 y F3 definen los ingresos factoriales de los factores móviles e inmóviles, respectivamente. Como vemos, los factores de producción pueden recibir ingresos del resto del mundo; e.g., por remisión de utilidades vinculada con inversión extranjera directa que el país modelado realizó en períodos anteriores. La ecuación F4 utiliza la variable $SHIF_{i,f,t}$ definida en la ecuación F1 para distribuir el ingreso factorial entre sectores institucionales. Es relevante mencionar que, como veremos más adelante, la distribución de los ingresos factoriales entre sectores institucionales evoluciona de forma endógena en IEEM. Por ejemplo, si se reduce la población rural al tiempo que se incrementa la población urbana, lo propio ocurrirá con los ingresos factoriales de uno y otro tipo de hogares representativos.

F1	$SHIF_{i,f,t} = \frac{QFINS_{i,f,t}}{\sum_{i' \in INS} QFINS_{i',f,t}}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ i \in INS \\ f \in F \end{array}$
F2	$YF_{f,t} = \sum_{a \in A} WF_{f,t} \cdot \overline{WFDIST}_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t} + trnsfr_{f,row,t} \cdot EXR_t$	$\begin{array}{l} t \in T \\ f \in FMOB \end{array}$
F3	$YF_{f,t} = \sum_{a \in A} \overline{WF}_{f,t} \cdot WFDIST_{f,a,t} \cdot \overline{QF}_{f,a,t} + trnsfr_{f,row,t} \cdot EXR_t$	$\begin{array}{l} t \in T \\ f \in FNMOb \end{array}$
F4	$YIF_{i,f,t} = SHIF_{i,f,t} \cdot YF_{f,t} (1 - tf_{f,t})$	$\begin{array}{l} t \in T \\ i \in INS \\ f \in F \end{array}$

3.5 Sectores Institucionales: No Gobierno

Las ecuaciones I1 define el ingreso de las instituciones nacionales diferentes del gobierno (i.e., hogares, empresas, ISFLSH, entre las más importantes) como la suma de (a) su ingreso factorial, y (b) las transferencias que reciben desde otras instituciones del modelo (ver más abajo). Las ecuaciones I2 y I3 determinan la propensión marginal a ahorrar y el ahorro de las instituciones nacionales diferentes del gobierno, respectivamente. La función de ahorro tiene un componente autónomo ($\alpha_{i,t}^{sav} \cdot \overline{CPI}_t$) y otro que es función del ingreso disponible. Así, es posible calibrar IEEM imponiendo una propensión marginal ahorrar que no depende del nivel observado de ahorro; por ejemplo, el nivel de ahorro observado en la información que calibra el modelo puede ser negativo pero la propensión marginal a ahorrar que se impone exógenamente ($mps_{i,t}$) será típicamente positiva.

La ecuación I4 determina el gasto en bienes y servicios de los hogares. Es el ingreso disponible neto de transferencias a otras instituciones. Las ecuaciones I5-I7 representan el sistema de demanda de dos niveles de los hogares. En la ecuación I5, el conjunto C1 contiene los productos que aparecen en el nivel superior de la función de utilidad de los hogares. En la ecuación I6, el conjunto C2 contiene los productos que aparecen en el nivel inferior de la función de utilidad de los hogares. Por ejemplo, alimentos puede ser un elemento de C1 mientras que frutas, vegetales y carnes podrían ser elementos de C2. La ecuación I7, que corresponde a la condición de primer orden de una función CES, determina la demanda de bienes y servicios de los hogares de cada uno de los productos incluidos en el conjunto C2. La ecuación I8 establece la igualdad entre ingresos y gastos de las ISFLSH; estas instituciones destinan su ingreso a pagar impuestos directos, proveer bienes y servicios, realizar transferencias a otras instituciones, y ahorrar. Las ISFLSH demandan los distintos productos en proporciones constantes (ecuación I9). Por último, la ecuación I10 de este bloque determina la demanda – exógena en esta presentación –

de los turistas internacionales. Nuevamente, suponemos que los turistas internacionales demandan bienes y servicios en proporciones fijas. IEEM permite, además, identificar a la seguridad social como una institución particular que recauda las contribuciones a la seguridad social. Típicamente, sin embargo, las transacciones vinculadas a la seguridad social se modelan como parte del gobierno.

I1	$YI_{i,t} = \sum_{f \in F} YIF_{i,f,t} + \sum_{i' \in INS} TRNSFR_{i,i',t}$	$\begin{matrix} t \in T \\ i \\ \in INSDNG \end{matrix}$
I2	$MPS_{i,t} = mpsb_{i,t} \cdot \overline{MPSSCAL}_t$	$\begin{matrix} t \in T \\ i \\ \in INSDNG \end{matrix}$
I3	$SAVINS_{i,t} = \alpha_{i,t}^{sav} \cdot \overline{CPI}_t + MPS_{i,t}(1 - ty_{i,t})YI_{i,t}$	$\begin{matrix} t \in T \\ i \\ \in INSDNG \end{matrix}$
I4	$EH_{h,t} = YI_{h,t}(1 - ty_{h,t}) - SAVINS_{h,t} - \sum_{i \in INS} TRNSFR_{i,h,t}$	$\begin{matrix} t \in T \\ h \in H \end{matrix}$
I5	$QH_{c,h,t} = qhmin_{c,h,t} + \frac{\delta_{c,h}^{les}}{PQD_{c,h,t}} \left(EH_{h,t} - \sum_{c' \in C1} PQD_{c',h,t} \cdot qhmin_{c',h,t} \right)$	$\begin{matrix} t \in T \\ c \in C1 \\ h \in H \end{matrix}$
I6	$QH_{c,h,t} = \varphi_{c',h}^{qh} \left(\sum_{c' \in MC1C2(c,c')} \delta_{c',h}^{qh} (qheff_{c',h} \cdot QH_{c',h}^{qh})^{-\rho_{c,h}^{qh}} \right)^{\frac{-1}{\rho_{c,h}^{qh}}}$	$\begin{matrix} t \in T \\ c \in C1 \\ h \in H \end{matrix}$
I7	$QH_{c,h,t} = \sum_{c' \in MC1C2(c',c)} \left(\frac{PQD_{c',h,t}}{PQD_{c,h,t}} \right)^{\sigma_{c',h}^{qh}} \cdot (\delta_{c,h}^{qh})^{\sigma_{c',h}^{qh}} \cdot (qheff_{c,h} \cdot \varphi_{c',h}^{qh})^{\sigma_{c',h}^{qh}-1} \cdot QH_{c',h,t}$	$\begin{matrix} t \in T \\ c \in C2 \\ h \in H \end{matrix}$
I8	$\begin{aligned} PQD_{c,ngo,t} \cdot QNGO_{c,ngo,t} \\ = YI_{ngo,t}(1 - ty_{ngo,t}) - SAVINS_{ngo,t} \\ - \sum_{i \in INS} TRNSFR_{i,ngo,t} \end{aligned}$	$\begin{matrix} t \in T \\ c \in C2 \end{matrix}$
I9	$QNGO_{c,ngo,t} = qngob_{c,ngo,t} \cdot QNGOSCAL_{ngo,t}$	$\begin{matrix} t \in T \\ c \in C \end{matrix}$
I10	$QTRSTF_{c,trst,t} = qtrstb_{c,trst,t} \cdot \overline{QTRSTSCAL}_{ngo,t}$	$\begin{matrix} t \in T \\ c \in C \end{matrix}$

3.6 Sectores Institucionales: Gobierno

Las ecuaciones de este bloque representan ingresos, gastos y presupuesto del gobierno. Las ecuaciones G1-G8 computan la recaudación de cada uno de los instrumentos tributarios

identificados en IEEM. En todos los casos, la recaudación se computa como la suma de los productos entre tasas tributarias y bases imponibles. La ecuación G9, similar a las anteriores, calcula el gasto total del gobierno en subsidios al consumo de bienes y servicios. La ecuación G10 es el ingreso corriente del gobierno, conformado por (a) la suma de las recaudaciones tributarias, (b) las transferencias que recibe desde otras instituciones, (c) sus ingresos factoriales, y (d) los ingresos (o gastos) asociados a la presencia de precios regulados. La ecuación G11 es el consumo (o provisión) de bienes y servicios por parte del gobierno en tanto sector institucional; típicamente, los productos que aparecen en esta ecuación son servicios de la administración pública y salud y educación públicas. La ecuación G12 es el gasto total del gobierno, que comprende los siguientes elementos: (a) provisión de bienes y servicios, (b) transferencias a las demás instituciones, y (c) subsidios al consumo de productos. La ecuación G13 define el superávit del gobierno como la diferencia entre ingresos corrientes y gastos totales (i.e., corrientes y de capital). Finalmente, la ecuación G14 es la cuenta de capital del gobierno que muestra cómo se financia el déficit ($-SURPG_t$) público. En esta presentación, suponemos que el financiamiento externo ($NFFG_t$) es exógeno al tiempo que el presupuesto del gobierno se equilibra mediante variaciones del endeudamiento interno ($NDFG_t$).

En esta presentación, el IVA se modela como un impuesto que recae sobre demandantes seleccionados -- típicamente los hogares al tiempo que se excluye al consumo intermedio. Alternativamente, IEEM permite modelar el IVA como un impuesto con créditos y débitos fiscales. En particular, los productores reciben un crédito fiscal por sus compras de insumos intermedios al mismo tiempo que generan un débito (u obligación) fiscal por sus ventas.

G1	$YTAXDIR_t = \sum_{i \in INSDNG} ty_{i,t} \cdot YI_{i,t}$	$t \in T$
G2	$YTAXFAC_t = \sum_{f \in F} tf_{f,t} \cdot YF_{f,t}$	$t \in T$
G3	$YTAXACT_t = \sum_{a \in A} ta_{a,t} \cdot PA_{a,t} \cdot QA_{a,t}$	$t \in T$
G4	$YTAXFACT_t = \sum_{f \in FMOB, a \in A} tfact_{f,a,t} \cdot WF_t \cdot \overline{WFDIST}_{f,a,t} \\ + \sum_{f \in FNMOb, a \in A} tfact_{f,a,t} \cdot \overline{WF}_t \cdot WFDIST_{f,a,t}$	$t \in T$
G5	$YTAXCOM_t = \sum_{c \in C} tq_{c,t} \cdot PQS_{c,t} \cdot QQ_{c,t}$	$t \in T$

G6	$YTAXIMP_t = \sum_{c \in C} tm_{c,t} \cdot EXR_t \cdot pwm_{c,t} \cdot QM_{c,t}$	$t \in T$
G7	$YTAXEXP_t = \sum_{c \in C} te_{c,t} \cdot EXR_t \cdot pwe_{c,t} \cdot QE_{c,t}$	$t \in T$
G8	$ \begin{aligned} YTAXVAT_t = & \sum_{c \in C, a \in A} (1 - subc_{c,a,t}) PQS_{c,t} (1 + tq_{c,t}) tvac_{c,a,t} \\ & \cdot QINT_{c,a,t} \\ & + \sum_{c \in C, h \in H} (1 - subc_{c,h,t}) PQS_{c,t} (1 + tq_{c,t}) tvac_{c,h,t} \\ & \cdot QH_{c,h,t} \\ & + \sum_{c \in C, h \in NGO} (1 - subc_{c,ngo,t}) PQS_{c,t} (1 \\ & + tq_{c,t}) tvac_{c,ngo,t} \cdot QNGO_{c,ngo,t} \\ & + \sum_{c \in C} (1 - subc_{c,gov,t}) PQS_{c,t} (1 + tq_{c,t}) tvac_{c,gov,t} \\ & \cdot QG_{c,t} \\ & + \sum_{c \in C} (1 - subc_{c,trst,t}) PQS_{c,t} (1 + tq_{c,t}) tvac_{c,trst,t} \\ & \cdot QTRSTF_{c,t} \\ & + \sum_{c \in C, f \in FCAP} (1 - subc_{c,f,t}) PQS_{c,t} (1 + tq_{c,t}) tvac_{c,f,t} \\ & \cdot capcomp_{f,c} \cdot \sum_{i2 \in INS2} DKINS_{i2,f,t} \\ & + \sum_{c \in C} (1 - subc_{c,dstk,t}) PQS_{c,t} (1 + tq_{c,t}) tvac_{c,dstk,t} \\ & \cdot \sum_{i2 \in INS2} qdstk_{i2,c,t} \\ & + \sum_{c \in CT, c' \in C} (1 - subc_{c,tacd,t}) PQS_{c,t} (1 \\ & + tq_{c,t}) tvac_{c,tacd,t} \cdot icd_{c,c'} \cdot QD_{c',t} \\ & + \sum_{c \in CT, c' \in C} (1 - subc_{c,tacm,t}) PQS_{c,t} (1 \\ & + tq_{c,t}) tvac_{c,tacd,t} \cdot icm_{c,c'} \cdot QM_{c',t} \\ & + \sum_{c \in CT, c' \in C} (1 - subc_{c,tace,t}) PQS_{c,t} (1 \\ & + tq_{c,t}) tvac_{c,tace,t} \cdot ice_{c,c'} \cdot QE_{c',t} \end{aligned} $	$t \in T$

G9	$ \begin{aligned} SUBCT_t = & \sum_{c \in C, a \in A} subc_{c,a,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \cdot QINT_{c,a,t} \\ & + \sum_{c \in C, h \in H} subc_{c,h,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \cdot QH_{c,h,t} \\ & + \sum_{c \in C, h \in NGO} subc_{c,ngo,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \\ & \cdot QNGO_{c,ngo,t} \\ & + \sum_{c \in C} subc_{c,gov,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \cdot QG_{c,t} \\ & + \sum_{c \in C} subc_{c,trst,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \cdot QTRSTF_{c,t} \\ & + \sum_{c \in C, f \in FCAP} subc_{c,f,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \cdot capcomp_{f,c} \\ & \cdot \sum_{i2 \in INS2} DKINS_{i2,f,t} \\ & + \sum_{c \in C} subc_{c,dstk,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \\ & \cdot \sum_{i2 \in INS2} qdstk_{i2,c,t} \\ & + \sum_{c \in CT, c' \in C} subc_{c,tacd,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \cdot icd_{c,c'} \\ & \cdot QD_{c',t} \\ & + \sum_{c \in CT, c' \in C} subc_{c,tacm,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \cdot icm_{c,c'} \\ & \cdot QM_{c',t} \\ & + \sum_{c \in CT, c' \in C} subc_{c,tace,t} \cdot PQS_{c,t}(1 + tq_{c,t}) \cdot ice_{c,c'} \\ & \cdot QE_{c',t} \end{aligned} $	$t \in T$
G10	$ \begin{aligned} YG_t = & YTAXDIR_t + YTAXFAC_t + YTAXFFAC_t + YTAXACT_t \\ & + YTAXVAT_t + YTAXCOM_t + YTAXIMP_t \\ & + YTAXEXP_t + \sum_{i \in INS} TRNSFR_{gov,i,t} \\ & + \sum_{f \in F} YIF_{gov,f,t} + \sum_{a \in AREG} shryregpa_{gov,a,t} \\ & \cdot REGPA_{a,t} \cdot PA_{a,t} \cdot QA_{a,t} \end{aligned} $	$t \in T$
G11	$QG_{c,t} = qgb_{c,t} \cdot \overline{QGSCAL}_t$	$t \in T$ $c \in C$
G12	$EG_{c,t} = \sum_{c \in C} PQD_{c,gov,t} \cdot QG_{c,t} + \sum_{i \in INS} TRNSFR_{i,gov,t} + SUBCT_t$	$t \in T$
G13	$SURPG_t = YG_t - EG_t - INVVALG_t$	$t \in T$
G14	$-SURPG_t = EXR_t \cdot \overline{NFFG}_t + NDFG_t$	$t \in T$

3.7 Sectores Institucionales: Resto del Mundo

El resto del mundo aparece representado a través de la balanza de pagos. Específicamente, las ecuaciones RW1 y RW2 corresponden a la cuenta corriente y a la cuenta capital de la balanza de pagos, respectivamente. La ecuación RW1 tiene, en su lado izquierdo (derecho), las entradas (salidas) de divisas. En otras palabras, los ingresos y gastos del resto del mundo se muestran a la derecha e izquierda del igual, respectivamente. El ahorro del resto del mundo ($SAVF_t$) se destina a financiamiento externo del gobierno ($NFFG_t$), financiamiento externo del sector privado ($NFFNG_t$) e inversión extranjera directa ($FDI_{f,t}$). En esta presentación, dichos tres términos son exógenos.

RW1	$\sum_{c \in C} pwe_{c,t} \cdot QE_{c,t} + \frac{\sum_{i \in INSD} TRNSFR_{i,row,t}}{EXR_t} + \frac{\sum_{i \in F} TRNSFR_{f,row,t}}{EXR_t}$ $+ \frac{\sum_{c \in C} PQD_{c,trst,t} \cdot QTRSTF_{c,trst,t}}{EXR_t} + SAVF_t$ $= \sum_{c \in C} pwm_{c,t} \cdot QM_{c,t} + \frac{\sum_{i \in INSD} TRNSFR_{row,i,t}}{EXR_t}$ $+ \frac{\sum_{f \in F} YIF_{row,f,t}}{EXR_t}$	$t \in T$
RW2	$SAVF_t = \overline{NFFG}_t + \overline{NFFNG}_t + \sum_{f \in FCAP} \overline{FDI}_{f,t}$	$t \in T$

3.8 Transferencias

Las ecuaciones TR1-TR6 calculan las transferencias entre sectores institucionales (TR1-TR5) y desde el resto del mundo hacia los factores de producción del país modelado (TR6). Las transferencias desde hogares, ISFLSH y empresas hacia las demás instituciones se calculan como una proporción exógena ($shii_{i,i'}$) de los ingresos netos de impuestos directos y ahorro de las primeras (ecuación TR1). Las demás transferencias se modelan como un monto exógeno ajustado por el tipo de cambio nominal o el índice de precios al consumidor dependiendo de cuáles sean las instituciones involucradas. En particular, todas las transferencias hacia/desde el resto del mundo se ajustan por tipo de cambio nominal.

TR1	$TRNSFR_{i,i',t} = shii_{i,i'}(YI_{i',t}(1 - ty_{i',t}) - SAVINS_{i',t})$	$t \in T$ $i \in INS$ $i' \in INSDNG$
TR2	$TRNSFR_{i,gov,t} = trnsfrb_{i,gov,t} \cdot CPI_t$	$t \in T$ $i \in INS$
TR3	$TRNSFR_{row,gov,t} = trnsfrb_{row,gov,t} \cdot EXR_t$	$t \in T$
TR4	$TRNSFR_{gov,row,t} = trnsfrb_{gov,row,t} \cdot EXR_t$	$t \in T$
TR5	$TRNSFR_{i,row,t} = trnsfrb_{i,row,t} \cdot EXR_t$	$t \in T$ $i \in INS$
TR6	$TRNSFR_{f,row,t} = trnsfrb_{f,row,t} \cdot EXR_t$	$t \in T$ $f \in F$

3.9 Condiciones de Equilibrio

Las ecuaciones en este grupo definen condiciones de equilibrio. La ecuación E1 es una curva de salarios que establece una relación negativa ($\eta_f^{wf} < 0$) entre nivel de salarios y tasa desempleo (Blanchflower y Oswald 1994). La ecuación E2 es la condición de equilibrio en el mercado de factores que son móviles entre sectores: la oferta neta del desempleo (lado izquierdo) se iguala con la demanda (lado derecho). La ecuación E3 es la condición de equilibrio en los mercados de bienes y servicios. Nuevamente, la oferta total ($QQ_{c,t}$) incluye tanto producción nacional como importaciones. Es interesante notar que, entre las fuentes de demanda se incluyen a los turistas internacionales que viajan al país modelado para consumir bienes y servicios. En otras palabras, se trata de un tipo de exportación en la que los consumidores del país demandante se desplazan hasta el territorio del país oferente. La ecuación E4 transforma las inversiones en los distintos stocks de capital en demanda de bienes y servicios. Para ello, se utiliza la matriz $capcomp_{f,c}$ que indica la composición por producto de cada stock de capital modelado. Por ejemplo, la inversión pública suele tener un componente de servicios de construcción relativamente más importante que la inversión privada. La ecuación E5 establece la igualdad entre inversión privada y su financiamiento. Las fuentes de financiamiento de la inversión privada son tres: ahorro de hogares y empresas neto de los préstamos al gobierno, endeudamiento externo, e inversión extranjera directa.

La ecuación E6 define el índice de precios al consumidor, que se emplea como numerario del modelo. Por último, la ecuación E7 en este bloque define el precio de las actividades con precios regulados como el cociente entre el precio nominal y el tipo de cambio nominal. La

ecuación E7 forma parte del modelo para las actividades cuyo precio se hace exógeno al tiempo que se hace endógena la variable $REGA_{a,t}$ definida más arriba.

E1	$\frac{\frac{WF_{f,t}}{\overline{CPI}_t}}{\frac{WF_f^{00}}{\overline{CPI}^{00}}} = \left(\frac{UERAT_{f,t}}{UERAT_f^{00}} \right)^{\eta_f^{wf}}$	$t \in T$ $f \in FUEND$
E2	$QFS_{f,t}(1 - UERAT_{f,t}) = \sum_{a \in A} QF_{f,a,t},$	$t \in T$ $f \in FMOB$
E3	$\sum_{a \in A} QINT_{c,a,t} + \sum_{h \in H} QH_{c,h,t} + QNGO_{c,ngo,t} + QG_{c,t} + QINV_{c,t} \\ + \sum_{i2 \in INS2} qdstk_{i2,c,t} + QT_{c,t} + QTRSTF_{c,trst,t} = QQ_{c,t}$	$t \in T$ $c \in C$
E4	$QINV_{c,t} = \sum_{i2 \in INS2} \sum_{f \in FCAPNG} capcomp_{f,c} \cdot DKINS_{i2,f,t}$	$t \in T$ $c \in C$
E5	$\sum_{f \in FCAPNG} PK_{f,t} \cdot DKINS_{ngov,f,t} + \sum_{c \in C} PQD_{c,dstk,t} \cdot qdstk_{ngov,c,t} + WALRAS_t \\ = \sum_{i \in INSDNG} SAVINS_{i,t} - NDFG_t + EXR_t \cdot \overline{NFFINS}_t \\ + \sum_{f \in FCAPNG} EXR_t \cdot \overline{FDI}_{f,t}$	$t \in T$
E6	$\sum_{c \in C, h \in H} PQD_{c,h,t} \cdot cwts_{c,h} = \overline{CPI}_t$	$t \in T$
E7	$PAREAL_{a,t} = \frac{PA_{a,t}}{EXR_t}$	$t \in T$ $a \in AREG$

3.10 Dinámica: Inversión por Destino

En este grupo de ecuaciones se determina la inversión (i.e., el nuevo stock de capital) que recibe cada actividad productiva. Para ello, diferenciamos entre stocks de capital públicos y privados. La ecuación D1 calcula el costo de una unidad de capital. Para ello, se multiplica la matriz $capcomp_{f,c}$ (ver más arriba) por el precio de cada uno de los productos que se demandan para inversión (e.g., construcción y maquinaria y equipo). La ecuación D2 determina la inversión del gobierno en los distintos stocks de capital. En esta presentación, suponemos que la inversión pública es exógena. La ecuación D3, similar a la anterior, determina la inversión del resto de las instituciones nacionales (i.e., hogares, ISFLSH y empresas). En este caso, suponemos que la inversión privada se ajusta endógenamente para igualarse con el ahorro

disponible. La ecuación D4 calcula la inversión nominal del gobierno a partir de sumar la formación bruta de capital fijo y la variación de existencias del gobierno.

Las ecuaciones D5-D7 determinan la evolución de los stocks de capital privado empleados por las distintas actividades productivas. La ecuación D5 calcula la tasa de retorno promedio del capital ($WFAVG_{f,t}$), como el cociente entre la remuneración total que recibe el factor y su stock. La ecuación D6 determina cómo se distribuye el nuevo capital (i.e., la suma de las inversiones de las instituciones) entre las distintas actividades productivas. La ecuación D6 supone que las actividades con una tasa de retorno superior (inferior) al promedio recibirán una proporción del nuevo capital relativamente mayor (menor). Además, la asignación del nuevo capital depende de la distribución del capital en el período anterior. La importancia de cada uno de los factores mencionados depende del valor que se asigne al parámetro κ ; por ejemplo, si κ es igual a cero, solo importa la distribución del capital en el período anterior para determinar cómo se distribuye entre sectores el nuevo capital. La ecuación D7 determina la evolución del capital sectorial.

D1	$PK_{f,t} = \sum_{c \in C} capcomp_{f,c} \cdot PQD_{c,f,t}$	$\begin{matrix} t \in T \\ f \in FCAP \end{matrix}$
D2	$DKINS_{gov,f,t} = dkinsb_{gov,f,t} (1 + \overline{ISCAL2}_{gov,t} \cdot iadj01_f)$	$\begin{matrix} t \in T \\ f \in FCAP \end{matrix}$
D3	$DKINS_{ngov,f,t} = dkinsb_{ngov,f,t} (1 + ISCAL2_{ngov,t} \cdot iadj01_f)$	$\begin{matrix} t \in T \\ f \in FCAP \end{matrix}$
D4	$INVVALG_t = \sum_{f \in FCAP} DKINS_{gov,f,t} \cdot PK_{f,t} + \sum_{c \in C} qdstk_{gov,c,t} \cdot PQD_{c,dstk,t}$	$t \in T$
D5	$WFAVG_{f,t} = \frac{\sum_{a \in A} WF_{f,t} \cdot WFDIST_{f,a,t} \cdot QF_{f,a,t}}{\sum_{a \in A} QF_{f,a,t}}$	$\begin{matrix} t \in T \\ f \\ \in FCAPNG \end{matrix}$
D6	$DKA_{f,a,t} = \sum_{i2 \in INS} DKINS_{i2,f,t} \cdot \frac{QF_{f,a,t-1}}{\sum_{a' \in A} QF_{f,a',t-1}} \left(1 + \kappa \left(\frac{WF_{f,t} \cdot WFDIST_{f,a,t}}{WFAVG_{f,t}} - 1 \right) \right)$	$\begin{matrix} t \in T \\ f \\ \in FCAPNG \\ a \in A \end{matrix}$
D7	$QF_{f,a,t} = QF_{f,a,t-1} (1 - deprcap_f) + DKA_{f,a,t-1}$	$\begin{matrix} t \in T \\ f \\ \in FCAPNG \\ a \in A \end{matrix}$

3.11 Dinámica: Oferta y Dotaciones Factoriales

Las ecuaciones F1-F14 definen la evolución de las ofertas factoriales y de las dotaciones factoriales de las instituciones. Para ello, distinguimos entre hogares y el resto de los sectores institucionales. En particular, el tamaño de cada hogar representativo es función de proyecciones poblacionales que, en esta presentación, se suponen exógenas. Es decir, las dotaciones factoriales se determinan en función de las tasas de crecimiento de las ofertas factoriales y de las tasas de crecimiento poblacionales. Las ecuaciones F1-F3 determinan la evolución de los stocks factoriales. Como veremos, y para permitir la movilidad factorial imperfecta de factores, IEEM distingue entre ofertas y dotaciones factoriales al inicio (i.e., antes de migrar) y al final de cada período.

La ecuación F1 se refiere a los factores cuyas ofertas evolucionan de forma exógena: trabajo y otros factores distintos de la tierra y el capital. La ecuación F2 permite modelar la oferta de tierra productiva (i.e., la utilizada en agricultura o plantaciones forestales) en función de (a) un componente exógeno, (b) un componente endógeno que depende de la renta de la tierra, y (c) un componente que depende de la deforestación. En particular, incrementos de la deforestación de áreas forestales no productivas pueden traducirse, al menos en parte, en incrementos del área disponible para producción agrícola (o forestal). La ecuación F3 determina la oferta de capital privado en función del capital remanente del período anterior y la inversión también del período anterior. La ecuación F4 calcula el stock de capital público que posee el gobierno. El parámetro $dqfins_{gov,f,t}$ permite simular escenarios en los que el stock de capital público se reduce súbitamente; por ejemplo, debido a un desastre natural. (Naturalmente, un shock de este tipo tendrá repercusiones sobre el resto de la economía a través de su efecto sobre la PTF.)

Las ecuaciones F5 y F6 se refieren a la evolución de las dotaciones de tierra y otros factores diferentes del trabajo y el capital por parte de los hogares (ecuación F5) y las demás instituciones (ecuación F6). La ecuación F5 impone que la dotación factorial de los hogares evoluciona según (a) la tasa de crecimiento factorial, y (b) la tasa de crecimiento de cada hogar. Más específicamente, la dotación per cápita de cada hogar se mantiene constante. La ecuación F6 impone que la dotación factorial de las demás instituciones evoluciona conforme lo hace la oferta factorial. Las ecuaciones F7 y F8 son similares a las anteriores per se refieren al trabajo. En este caso, la ecuación F9 permite mantener constante la tasa de participación del trabajo, definida como el cociente entre población económicamente activa y población en edad de trabajar. Para ello, se utiliza la variable $QLABSCAL_{f,t}$ que se modificará endógenamente para que la tasa de participación en el mercado laboral se mantenga en los valores que se imponen

exógenamente. Las ecuaciones F10 y F11 también son similares a las ecuaciones F5 y F6, pero hacen referencia a los stocks de capital privado de las instituciones; hogares la ecuación F10 y el resto de las instituciones la ecuación F11. La ecuación F12 calcula la oferta total de cada factor excepto el capital, como la suma de las dotaciones institucionales correspondientes. Por último, es importante mencionar que las dotaciones definidas en este grupo de ecuaciones se computan antes del movimiento factorial entre sectores o segmentos de los mercados factoriales (ver abajo).

F1	$QFSINIT_{f,t} = QFS_{f,t-1} \cdot \frac{qfsexog_{f,t}}{qfsexog_{f,t-1}}$	$t \in T$ $f \in (FLAB \cup FOTH)$
F2	$QFSINIT_{f,t} = QFS_{f,t-1} \cdot \frac{qfsexog_{f,t}}{qfsexog_{f,t-1}} + \left[QFS_f^{00} \left(\frac{\frac{WFAVG_{f,t}}{CPI_t}}{\frac{WFAVG_f^{00}}{CPI^{00}}} \right)^{\eta_f^{qfs}} - QFS_f^{00} \right] + shrland_{f,t} \cdot QDEFOR_{t-1}$	$t \in T$ $f \in FLAND$
F3	$QFS_{f,t} = QFS_{f,t-1}(1 - deprcap_f) + \sum_{i2 \in INS2} DKINS_{i2,f,t-1}$	$t \in T$ $f \in FCAPNG$
F4	$QFINS_{gov,f,t} = QFINS_{gov,f,t-1}(1 - deprcap_f) + \sum_{i2 \in INS2} DKINS_{i2,f,t-1} + dqfins_{gov,f,t}$	$t \in T$ $f \in FCAPG$
F5	$QFINSINIT_{h,f,t} = \frac{QFINS_{h,f,t-1} \cdot \frac{\overline{POP}_{h,t}}{\overline{POP}_{h,t-1}}}{\sum_{h' \in H} QFINS_{h',f,t-1} \cdot \frac{\overline{POP}_{h',t}}{\overline{POP}_{h',t-1}}} \sum_{h' \in H} QFINS_{h',f,t-1} \cdot \frac{QFSINIT_{f,t}}{QFSINIT_{f,t-1}}$	$t \in T$ $h \in H$ $f \in (FLAND \cup FOTH)$
F6	$QFINSINIT_{i,f,t} = QFINS_{i,f,t-1} \cdot \frac{QFSINIT_{f,t}}{QFSINIT_{f,t-1}}$	$t \in T$ $i \in INSNH$ $f \in (FLAND \cup FOTH)$
F7	$QFINSINIT_{h,f,t} = \frac{QFINS_{h,f,t-1} \cdot \frac{\overline{POP}_{h,t}}{\overline{POP}_{h,t-1}}}{\sum_{h' \in H} QFINS_{h',f,t-1} \cdot \frac{\overline{POP}_{h',t}}{\overline{POP}_{h',t-1}}} \sum_{h' \in H} QFINS_{h',f,t-1} \cdot \frac{QFSINIT_{f,t}}{QFSINIT_{f,t-1}} \cdot QLABSCAL_t$	$t \in T$ $h \in H$ $f \in FLAB$

F8	$QFINSINIT_{i,f,t} = QFINS_{i,f,t-1} \cdot \frac{QFSINIT_{f,t}}{QFSINIT_{f,t-1}}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ i \in INSNH \\ f \in FLAB \end{array}$
F9	$LABPARTRAT_t = \sum_{i \in INSN, f \in FLAB} \frac{QFINSINIT_{i,f,t}}{\overline{POP}_{agelab,t}}$	$t \in T$
F10	$\begin{aligned} & QFINS_{h,f,t} \\ &= \frac{QFINS_{h,f,t-1} \cdot \frac{\overline{POP}_{h,t}}{\overline{POP}_{h,t-1}}}{\sum_{h' \in H} QFINS_{h',f,t-1} \cdot \frac{\overline{POP}_{h',t}}{\overline{POP}_{h',t-1}}} \sum_{h' \in H} QFINS_{h',f,t-1} \\ & \cdot \frac{QFS_{f,t}}{QFS_{f,t-1}} \end{aligned}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ i \in INS \\ f \in CAPNG \end{array}$
F11	$QFINS_{i,f,t} = QFINS_{i,f,t-1} \cdot \frac{QFS_{f,t}}{QFS_{f,t-1}}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ i \in INSNH \\ f \in FCAPNG \end{array}$
F12	$QFS_{f,t} = \sum_{i \in INS} QFINS_{i,f,t}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ f \in F \\ f \notin FCAP \end{array}$

3.12 Movilidad Factorial

Las ecuaciones de este bloque permiten modelar a los factores como imperfectamente móviles entre distintos segmentos del mismo mercado factorial. Por ejemplo, permite modelar la migración de trabajadores entre áreas urbanas y rurales o los segmentos formal e informal del mercado laboral. Asimismo, esta formulación permite modelar transiciones del factor tierra entre usos alternativos. Como veremos, una ventaja de nuestro enfoque por sobre otros alternativos (e.g., función CET) es que se preservan las unidades físicas de los factores modelados como imperfectamente móviles entre sectores/segmentos.

La ecuación FM1 computa el ratio de remuneraciones esperadas entre dos factores (f y f') para los que se permite la migración. La ecuación FM2 computa los movimientos factoriales desde f hacia f' como función de (a) el ratio de salarios definido en FM1, y (b) la elasticidad $\eta_{f,f'}^{migr}$. La ecuación FM3 impone la restricción que la migración no puede ser negativa. La ecuación FM4 computa la dotación factorial que no migra (i.e., se mueve desde f hacia el mismo f o, en otros términos, permanece donde está ubicada) como la diferencia entre la dotación inicial y la migración hacia otros factores. Esta ecuación es necesaria por la forma en que se computa la dotación factorial de las instituciones en la ecuación FM5. Es decir, la ecuación FM5 calcula la dotación total de factor f como la suma de los movimientos desde f' hacia f .

FM1	$WFRAT_{f,f',t} = \frac{WFAVG_{f',t}(1 - UERAT_{f',t})}{WFAVG_{f,t}(1 - UERAT_{f,t})}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ f, f' \\ \in MFFP(F, F) \end{array}$
FM2	$\begin{aligned} QFMIGR_{i,f,f',t} = & QFINSINIT_{i,f,t} \left(\frac{WFRAT_{f,f',t}}{WFRAT_{f,f',t}^0} \right)^{\eta_{f,f'}^{migr}} \\ & - QFINSINIT_{i,f,t} \end{aligned}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ i \in INS \\ f, f' \\ \in MFFP(F, F) \end{array}$
FM3	$QFMIGR_{i,f,f',t} \geq 0$	$\begin{array}{l} t \in T \\ i \in INS \\ f, f' \\ \in MFFP(F, F) \end{array}$
FM4	$\begin{aligned} QFMIGR_{i,f,f,t} = & QFINSINIT_{i,f,t} \\ & - \sum_{f' \in MFFP(F, F)} QFMIGR_{i,f,f',t} \end{aligned}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ i \in INS \\ f \in FNCAP \end{array}$
FM5	$QFINS_{i,f,t} = \sum_{f' \in MFFP(F, F)} QFMIGR_{i,f',f,t}$	$\begin{array}{l} t \in T \\ i \in INS \\ f \in FNCAP \end{array}$

3.13 Dinámica: Uso de la Tierra

Las ecuaciones en este bloque computan el número de hectáreas que se destina a cada uso posible de la tierra. En particular, IEEM distingue entre usos forestales productivos (o plantaciones forestales) y no productivos, agricultura (i.e., cultivos y pasturas), y otros usos. En esta presentación, y para simplificar, suponemos que la deforestación es siempre exógena (ecuación T1). Luego, la ecuación T2 define el área forestal al inicio de un determinado período como el área forestal disponible al inicio del período anterior menos la deforestación también del período anterior. El área con plantaciones forestales es igual a la tierra empleada en actividades forestales. La ecuación T3 define el área forestal no productiva como la diferencia entre el área forestal total y el área con plantaciones forestales. Las ecuaciones T5 y T6 definen las áreas destinadas a actividades de cultivos y ganadería respectivamente. La ecuación T7 simplemente computa el área total destinada a actividades agrícolas. Finalmente, cabe mencionar que la tierra (y otros factores) puede moverse entre usos alternativos dependiendo de los supuestos que se hagan al respecto – ver sección sobre movilidad factorial imperfecta.

T1	$QDEFOR_t = qdeforb_t$	$t \in T$
T2	$QLANDUSE_{fortot,t} = QLANDUSE_{fortot,t-1} - QDEFOR_t$	$t \in T$
T3	$QLANDUSE_{forplant,t} = \sum_{f \in FFOR, a \in A} QF_{f,a,t}$	$t \in T$
T4	$QLANDUSE_{fornprod,t} = QLANDUSE_{fortot,t} - QLANDUSE_{forplant,t}$	$t \in T$
T5	$QLANDUSE_{livestock,t} = \sum_{f \in FLAND, a \in ALIV} QF_{f,a,t}$	$t \in T$
T6	$QLANDUSE_{crops,t} = \sum_{f \in FLAND, a \in ACRO} QF_{f,a,t}$	$t \in T$
T7	$QLANDUSE_{agr,t} = QLANDUSE_{crops,t} + QLANDUSE_{livestock,t}$	$t \in T$

3.14 Emisiones

En este bloque de ecuaciones se calculan las emisiones de GEI en función del uso – intermedio y final – de productos o factores contaminantes. Las ecuaciones EM1, EM2 y EM3 computan las emisiones vinculadas al uso de productos específicos por parte de actividades productivas, hogares y gobierno, respectivamente. Típicamente, se trata de productos energéticos tales como combustibles fósiles o leña. La ecuación EM4 computa las emisiones vinculadas al uso de factores productivos particulares. Por ejemplo, emisiones vinculadas al tamaño del stock ganadero. Por último, las ecuaciones EM5-EM7 computan las emisiones de actividades, hogares y gobierno que no pueden vincularse con el uso de algún producto o factor particular, respectivamente. En la práctica, las últimas tres ecuaciones pueden emplearse cuando no tenemos información suficiente para implementar las otras ecuaciones en este módulo. En particular, cuando solo conocemos el volumen de emisiones total de actividades y hogares.

EM1	$EMI_{ghg,c,a,t} = iemi_{ghg,c,a,t} \cdot QINT_{c,a,t}$	$t \in T$ $ghg \in GHG$ $c \in C$ $a \in A$
EM2	$EMI_{ghg,c,h,t} = iemi_{ghg,c,h,t} \cdot QH_{c,h,t}$	$t \in T$ $ghg \in GHG$ $c \in C$ $h \in H$
EM3	$EMI_{ghg,c,gov,t} = iemi_{ghg,c,gov,t} \cdot QG_{c,t}$	$t \in T$ $ghg \in GHG$ $c \in C$
EM4	$EMI_{ghg,f,a,t} = iemi_{ghg,f,a,t} \cdot QF_{f,a,t}$	$t \in T$

		$a \in A$
EM5	$EMI_{ghg,oth,a,t} = iemi_{ghg,oth,a,t} \cdot QA_{a,t}$	$t \in T$ $ghg \in GHG$ $a \in A$
EM6	$EMI_{ghg,oth,h,t} = iemi_{ghg,oth,h,t} \sum_{c \in C} PQD_{c,h,t}^{00} \cdot QH_{c,h,t}$	$t \in T$ $ghg \in GHG$ $a \in A$
EM7	$EMI_{ghg,oth,gov,t} = iemi_{ghg,oth,gov,t} \sum_{c \in C} PQD_{c,gov,t}^{00} \cdot QG_{c,t}$	$t \in T$ $ghg \in GHG$

Referencias

- Armington, P. S. 1969. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers* 16: 159-178.
- Banerjee, O., M. Cicowiez, J. M. Horridge and R. Vargas. 2016. A conceptual framework for integrated economic-environmental modelling. *Journal of Environment & Development* 25 (3): 276–305.
- Banerjee, O., M. Cicowiez, J. M. Horridge and R. Vargas. 2019a. Evaluating synergies and trade-offs in achieving the SDGs of zero hunger and clean water and sanitation: An application of the IEEM Platform to Guatemala. *Ecological Economics* 161: 280–291.
- Banerjee, O., M. Cicowiez, J. M. Horridge and R. Vargas. 2019b. The SEEA-based Integrated Economic-Environmental Modelling framework: an illustration with Guatemala's forest and fuelwood sector. *Environmental and Resource Economics* 72 (2): 539–558.
- Banerjee, O., M. Cicowiez, R. Vargas and M. Horridge. 2019c. Construction of an Extended Environmental and Economic Social Accounting Matrix from a Practitioner's Perspective. IDB Technical Note No. IDB-TN-01793. Washington D.C.: Inter-American Development Bank.
- Banerjee, O., K. J. Bagstad, M. Cicowiez, S. Dudek, M. Horridge, J. R. R. Alavalapati, M. Masozera, E. Rukundoh and E. Rutebukah (In press). "Economic, and Land Use, and Ecosystem Services Impacts of Rwanda's Green Growth Strategy: An Application of the Integrated Economic-Environmental Modelling Platform." *Science of The Total Environment*.
- Blanchflower, D. G. and A. J. Oswald (1994). *The Wage Curve*. Cambridge: The MIT Press.
- Lofgren, H., R. Lee Harris y S. Robinson. 2002. A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS. *Microcomputers in Policy Research* Vol. 5. Washington, D.C.: IFPRI.
- Robinson, S. 1989. Multisectoral Models. In H. Chenery and T. N. Srinivasan (eds.). *Handbook of Development Economics*. Elsevier.
- United Nations, European Commission, UN Food and Agriculture Organization, International Monetary Fund, Organisation for Economic Cooperation and Development and The World Bank (2014). *System of Environmental Economic Accounting 2012- Central Framework*. New York, UN.